

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Aeroespacial

Automatización del Diseño 3D de Naves Industriales Ligeras

Autor: Paloma de la Rosa Garrido

Tutor: Francisco Hernández Rodríguez

Dep. de Ingeniería de la Construcción y
Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Aeroespacial

Automatización del Diseño 3D de Naves Industriales Ligeras

Autor:

Paloma de la Rosa Garrido

Tutor:

Francisco Hernández Rodríguez

Profesor titular

Dep. de Ingeniería de la Construcción y

Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2016

Trabajo Fin de Grado: Automatización del Diseño 3D de Naves Industriales Ligeras

Autor: Paloma de la Rosa Garrido

Tutor: Francisco Hernández Rodríguez

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

A mi familia y amigos

Agradecimientos

Me gustaría dar las gracias en primer lugar a mi tutor Francisco Hernández Rodríguez por darme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo con él y por guiarme durante el transcurso del mismo.

En segundo lugar, agradecer a todos mis compañeros y amigos por el apoyo que me han brindado a lo largo de esta carrera y por amenizar tan gratamente el camino que me ha traído hasta este momento.

Por último, y más importante, mencionar a mis padres y mi hermana Carmen, Fernando y Cristina que en ningún momento han dudado de mí y siempre han sabido transmitirme su confianza. Sólo así he logrado mantener la fuerza y dedicación necesarias para alcanzar este punto de mi vida. Por todo ello, simplemente gracias.

Paloma de la Rosa Garrido

Sevilla, 2016

Resumen

Las naves industriales en acero son ampliamente utilizadas en el sector de la construcción dadas sus innumerables ventajas frente a las estructuras de hormigón. Es por ello que a lo largo de este trabajo se desarrolla una aplicación para la automatización del diseño 3D de naves industriales ligeras, con el fin de servir de herramienta auxiliar y de facilitar la labor de los proyectistas e ingenieros de la industria. Para el desarrollo de este trabajo, se toma como punto de partida la *Guía para el Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras (DEANIL)* que fue publicada por el *Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)* en abril de 2000. En esta guía se estandariza el diseño de naves industriales ligeras en función de unos parámetros definidos, limitándose de este modo el número de casos que se abarcan.

Para empezar, en el capítulo 1 se definen el formato, la estructura y el modo de uso de la guía. Seguidamente, en el capítulo 2, se explica cómo los tres entornos principales de la aplicación: las hojas de cálculo en Excel, la base de datos en Access y el programa de CAD (Catia) se interrelacionan entre sí y conforman la arquitectura de la aplicación, que representa en 3D varios de los casos propuestos en la guía.

Por otra parte, en el capítulo 4 se detalla el proceso de implementación que se ha llevado a cabo para desarrollar la aplicación. En concreto, se habla de cada una de las piezas (*Parts*) que conforman los conjuntos (*Assemblies*) es decir, los pórticos, el cierre frontal, las correas y los arriostramientos de la nave, así como de sus hojas de diseño. Además, se expone el procedimiento llevado a cabo para posicionar las piezas entre sí y conformar la nave.

Por último, en el capítulo 5 se muestra una guía de usuario donde se detalla cómo hacer uso de la aplicación. Y en el capítulo 6 se muestra un resumen del trabajo, así como las conclusiones a las que se ha llegado.

Abstract

Steely industrial units are widely used in the construction sector due to the numberless advantages they have against concrete structures. Therefore, an application to automatize the 3D design of light industrial units will be developed along this work. The aim of it is to serve as an auxiliary tool and ease the engineers work. For the development of this work, the guide "*Guía para el Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras (DEANIL)*" published by "*Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)*" in April 2000 is taken as the starting point. In this guide there is a standardization of the design of light industrial units based on a few defined parameters. This way, the number of cases covered is restricted.

To start, in chapter 1 the format, structure and form of use of the guide are defined. Then, in chapter 2 there is explained how the three environments of the application: Excel spreadsheets, Access database and CAD software (Catia) interact and form the architecture of the application that represents the guide cases in 3D.

On the other hand, the implementation process carried on to develop the application is detailed in chapter 4. In particular, we talk about each *Part* that conforms each *Assembly*, as well as their spreadsheets. Moreover, the procedure followed to position the Parts and create the unit is explained in this chapter too.

Finally, in chapter 5 there is explained the form of use of the application. And in chapter 6 there is an abstract of the work as well as the conclusions achieved during the elaboration of this application.

Objetivos y Alcance

El objetivo principal del proyecto consiste en desarrollar una aplicación que permita la automatización del diseño 3D de naves industriales ligeras. Como punto de partida se adopta la estandarización de naves industriales llevada a cabo en la Guía DEANIL (Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras) por el instituto ITEA (Instituto Técnico de la Estructura en Acero). Es importante aclarar aquí que este trabajo no busca comprobar ni corroborar las soluciones aportadas por la guía, de manera que se consideran válidos los resultados proporcionados por la misma, en la que se especifica que es responsabilidad del usuario-proyectista confirmar la aplicabilidad de los resultados a su caso particular.

Puesto que los 1560 casos propuestos por la guía son inabarcables en un único proyecto, se acota el alcance de este proyecto a las naves de un único pórtico simple en configuración de carga Tipo B, quedando el resto de cargas y geometrías excluidas del trabajo.

Complementariamente a lo anterior y como trabajo académico, este Trabajo de Fin de Grado pretende profundizar en el conocimiento de los sistemas de CAD y algunos de los distintos entornos que los configuran habitualmente: herramientas de diseño geométrico, sistemas de gestión de bases de datos, hojas de cálculo y lenguajes de programación. En este caso particular los entornos adoptados son: Catia (Computer-Aided Three Dimensional Interactive Application) para el diseño y la parametrización de la geometría, Microsoft Access para la gestión de bases de datos, Microsoft Excel para las hojas de cálculo y Visual Basic for Applications (VBA) como lenguaje de programación para llevar a cabo la comunicación entre los anteriores.

Índice

Agradecimientos	I
Resumen	III
Abstract	V
Objetivos y Alcance	VII
1. Introducción	1
1.1. Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)	1
1.1.1. Guía para el Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras (DEANIL)	1
1.2. Objetivo	9
2. Antecedentes y Solución	13
2.1. Base de datos - Access	14
2.2. Programa de CAD - Catia	19
2.3. Hojas de cálculo - Excel	24
2.3.1. Excel de entrada de datos para la nave	25
2.3.2. Excel de tornillos y tuercas	29
3. Implementación	33
3.1. Estructura de la nave	33
3.2. Componentes principales.	36
3.2.1. Pórtico	36
3.2.2. Atado de alero	59
3.2.3. Cierre frontal	61

3.2.4. Correas de fachada	67
3.2.5. Correas de cubierta	71
3.2.6. Arriostramientos	73
3.2.7. Tornillería	74
3.3. Distribución de los componentes	78
3.3.1. Distribución de pórticos y cierre frontal	80
3.3.2. Distribución de correas de fachada	81
3.3.3. Distribución de correas de cubierta	86
3.3.4. Nave solución	90
4. Manual de usuario	91
4.1. Manual de usuario	91
4.1.1. Variables de la consulta	91
4.1.2. Archivos de CAD	94
5. Resumen y Conclusiones	101
5.1. Resumen	101
5.2. Conclusiones	106
Anexo A: Referencias del caso de pórtico simple Tipo B	107
Anexo B: Códigos de Visual Basic	111
Bibliografía	145

Capítulo 1

Introducción

"No hay azar, destino, ni suerte que pueda
con la firme resolución de un alma decidida."

- Ella Wheeler Wilcox

1.1. Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)

Las estructuras en acero son un tipo muy común de edificaciones en la industria de la construcción que ofrecen innumerables ventajas frente a las estructuras de hormigón prefabricado. Entre ellas, sus elevadas prestaciones mecánicas, la posibilidad de prefabricar íntegramente las estructuras, sus cimentaciones más sencillas y económicas, y el fácil transporte y reciclaje de los materiales.

Parece lógico por tanto, que el *Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)* lleve realizando publicaciones desde el siglo XX con los objetivos de promocionar el uso de estas estructuras y, no menos importante, de asistir a los proyectistas en el desarrollo de las mismas, así como de facilitarles el trabajo.

Entre sus publicaciones más recientes destaca la "*Guía para el Diseño estructural en acero de naves industriales ligeras*" {DEANIL}. Esta obra, cuya primera edición fue publicada en el año 2000, está compuesta por dos tomos, donde se estandariza el diseño de naves industriales ligeras de planta rectangular, pórticos a dos aguas y soportes empotrados en sus bases.

1.1.1. Guía para el Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras (DEANIL)

A lo largo de esta sección se va a hablar de la estructura, el modo de empleo y la finalidad de esta guía, la cual se ha tomado como punto de partida para desarrollar una aplicación que automatiza el diseño 3D de naves industriales ligeras.

Antes que nada, dada la infinitud de problemas prácticos que se podrían plantear, en la guía se acota el número de situaciones posibles que se abarcan y a las cuales se les da solución, cada una de esas situaciones es un caso. Los parámetros según los cuales se restringe el número de problemas y sus valores permitidos se detallan más adelante.

Casos

En esta guía se presenta la solución de *1560 casos* de entre los infinitos que se pueden tener al combinar todas las posibles dimensiones geométricas y de acciones que puede sufrir una nave industrial. Para definir estos casos se han fijado 8 variables, cinco de ellas geométricas y tres de carga:

- Pendiente de Cubierta (1 valor): se supone fija al 10 %.
- Número de pórticos adosados (4 valores): desde un único pórtico simple hasta 4 pórticos adosados.
- Luz de la nave (8 valores): se han tomado ocho valores para el caso de naves con pórtico simple (14, 16, 18, 20, 22.5, 27.5 y 30 m) y seis para el resto de casos (npx 14, npx 16, npx 18, npx20, npx22.5 y npx25; siendo np = 2,3 o 4 el número de pórticos adosados).
- Altura de alero (3 valores): puede tomar tres valores en el caso de que no exista puente grúa; 5.75, 8.25 y 10.75 m, y sólo dos si la nave presenta un puente grúa, 8.25 y 10.75 m.
- Modulación (2 valores): puede ser de 5 o 6 m.
- Presión dinámica del viento (2 valores): puede ser de 50 o 100 KP/m^2 .
- Sobrecarga de nieve (3 valores): puede ser de 60, 80 y 120 KP/m^2 .
- Puente grúa (2 valores): puede existir o no un puente grúa birrail de 10 toneladas de capacidad máxima.

Como se puede observar, al combinar todos los parámetros anteriores obtenemos los 1560 casos que ya se anunciaban al comienzo de este apartado:

a) Naves sin puente grúa:

1 pórtico: 8 luces x 3 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 288

2 pórticos: 6 luces x 3 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 216

3 pórticos: 6 luces x 3 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 216

4 pórticos: 6 luces x 3 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 216

a) Naves con puente grúa:

1 pórtico: 8 luces x 2 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 192

2 pórticos: 6 luces x 2 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 144

3 pórticos: 6 luces x 2 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 144

4 pórticos: 6 luces x 2 alturas x 2 modulaciones x 6 cargas = 144

Seguidamente, una vez que se tienen determinadas las variables de entrada que delimitan el problema se pasa a detallar el modo de empleo de la guía.

Modo de empleo de la guía

Para empezar, es necesario fijar los valores que tomarán las variables definidas anteriormente. Tanto las geométricas, es decir, número de pórticos adosados, luz, altura y modulación de la nave

(la pendiente está fija al 10 %), como las de carga, o sea, sobrecarga de viento y nieve y presencia o no de puente grúa.

Cabe destacar que, si bien las variables geométricas y la presencia de puente grúa se fijan en función de los requisitos impuestos por el propio proyectista y el cliente (siempre dentro del rango de valores permitido), los valores de la sobrecarga deben determinarse teniendo en cuenta la situación real a la que se verá expuesta la nave. A continuación se, enumeran las soluciones que propone la guía para fijar cada una de las cargas:

SOBRECARGA DE NIEVE

- Opción 1: fijarla única y directamente en función de la altitud de la localidad. Para lo cual se proporciona la tabla 1.1. Además, existe una tabla en la guía, presente en el Anexo 1 en la que figura la altitud topográfica de diversas localidades españolas.

Altitud topográfica	Sobrecarga de nieve (KP/m^2) sobre superficie horizontal
Oa 600 m	60
601 a 800 m	80
801 a 1200 m	120

Tabla 1.1: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 83

- Opción 2: que el proyectista la fije en función de su experiencia particular de la zona, para cuyo caso la tabla que se proporciona presenta solapes en la altura (tabla 1.2). Estos solapes flexibilizan la elección de la sobrecarga de nieve.

Altitud topográfica	Sobrecarga de nieve (KP/m^2) sobre superficie horizontal
Oa 600 m	60
500 a 800 m	80
700 a 1200 m	120

Tabla 1.2: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 83

- Opción 3: que el proyectista la fije en función de datos estadísticos locales. Esta opción resulta interesante en los casos previstos por la norma NBE-AE-88.

SOBRECARGA DE VIENTO

En este caso se consideran dos valores de la presión dinámica debida al viento; normal y expuesta. El proyectista debe suponer situación expuesta en general, y según la norma NBE-AE-88, si la localidad se encuentra en costa, cresta topográfica, valles estrechos, bordes de mesetas, etc. O bien, si en función de su propia experiencia de la localidad, considera necesaria su suposición. En la tabla 1.3 se muestran los valores asociados a cada situación.

Situación topográfica (NBE-AE-88)	Velocidad del viento		Presión dinámica (KP/m^2)
	m/s	Km/h	
Normal	28	102	50
Expuesta	40	144	100

Tabla 1.3: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 83

Una vez se tienen determinados los datos de entrada, se pasa a recorrer una relación de tablas a través de las cuáles se van fijando las medidas de cada una de las partes que conforman la nave. Para ilustrar esta idea a continuación se presenta un esquema del proceso de selección de las variables, o lo que es lo mismo, de la selección de la nave y de todas las partes que constituyen dicha nave (figura 1.1). Las dimensiones de estas partes (pórticos, cierre frontal, correas de fachada, correas de cubierta, arriostramientos de cubierta, arriostramientos de fachada, atado en alero y viga carril) así como de sus componentes deben ser fijadas a lo largo de cada una de las tablas. A continuación, se pasa a mostrar la relación de tablas de las que se obtiene toda esta información.

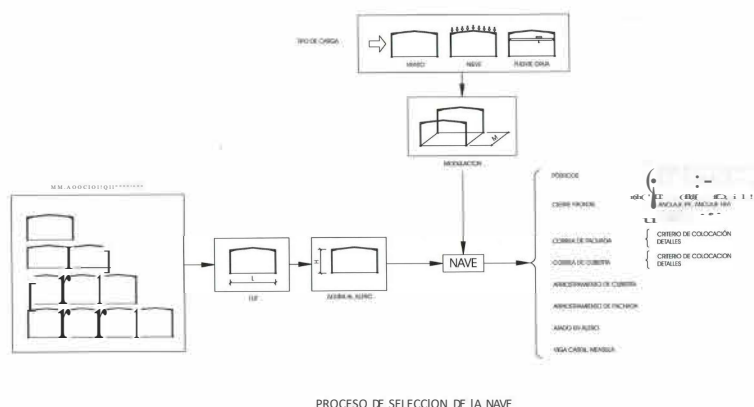


Figura 1.1: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 76

En primer lugar, se determina el tipo de nave en función de las variables de sobrecarga que se hayan tomado. Para ello se proporcionan dos tablas en la guía, una para el caso de que exista puente grúa y otra para el caso de que no exista:

- Sin puente grúa

Tabla carga 1

mor. (Sobrecarga de nieve)	VIENTO	
	SITUACIÓN NORMAL	SITUACIÓN EXPUESTA
0 a 600 m (60 Kp/m ²)	A	D
500 a 800 m (80 Kp/m ²)	B	E
700 a 1.200 m (120 Kp/m ²)	C	F

Figura 1.2: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 85

- Con puente grúa

Tabla carga 2

Altura sobre el nivel del mor (Sobrecarga de nieve)	VIENTO	
	SITUACIÓN NORMAL	SITUACIÓN EXPUESTA
0 a 600 m (60 Kp/m ²)	Ap	Dp
500 a 600 m (80 Kp/m ²)	Bp	Ep
700 a 1.200 m (120 Kp/m ²)	Cp	Fp

Figura 1.3: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 86

Además, en función del número de pórticos adosados y la presencia o no de puente grúa se determinan las referencias de la nave y de los componentes, tal y como se muestra en la figura 1.4.

Nótese que en esta figura se determina la numeración de las tablas de la guía DEANIL asociadas a cada situación que se puede presentar.

Cabe destacar que, como es lógico, en las lista de componente del caso con puente grúa de la figura 1.4 aparece la viga carril y en el caso sin puente grúa no.

Nave SIN puente grúa				Naves CON puente grúa			
Número de componentes de la nave	1) Referencia nave	2) Referencia de los componentes de la nave		Número de componentes de la nave	1) Referencia nave	2) Referencia de los componentes de la nave	
n	Tabla NI.1 (aportado 4.2.1)	Tabla NI.2 (aportado 4.2.2)	Pórtico	n	Tabla NI.3 (aportado 4.3.1)	Tabla NI.4 (aportado 4.3.2)	Pórtico
I I I	Tabla NI.1 (aportado 4.4.1)	Tabla NI.2 (aportado 4.4.2)	Cierre frontal	I I I	Tabla NI.3 (aportado 4.5.1)	Tabla NI.4 (aportado 4.5.2)	Cierre frontal
r T n	Tabla NI.1 (aportado 4.6.1)	Tabla NI.2 (aportado 4.6.2)	Correa de tachado	r T n	Tabla NI.3 (aportado 4.7.1)	Tabla NI.4 (aportado 4.7.2)	Correa de tachado
r T T n	Tabla NI.1 (aportado 4.8.1)	Tabla NI.2 (aportado 4.8.2)	Correa de cubierta	r T T n	Tabla NI.3 (aportado 4.9.1)	Tabla NI.4 (aportado 4.9.2)	Correa de cubierta
			Arriostromiento de cubierta				Arriostromiento de cubierta
			Arriostromiento de fochoda				Arriostromiento de fochoda
			Atado en alero				Viga carril
							Atado al alero

Figura 1.4: DEANIL Tomo I. Capítulo 3: Manual de uso de la guía. Página 87

Por tanto, a partir de aquí las tablas a mirar dependerán del caso concreto en el que se esté trabajando. Por simplicidad, se va a tomar un caso de ejemplo. Se supondrá una nave con un único pórtico simple, sin puente grúa y con sobrecarga de nieve de 60KP/m² en situación normal de viento. De manera que estaríamos ante el caso de una nave de tipo A cuya referencia es NI.1 y cuyos componentes responden a la referencia NI.2. A continuación, se muestra la tabla de la guía correspondiente a las naves NI.1.

		Tabla NI.1											
		CARGAS (modulock): 5m / 6m											
Luz	Altura alero	A		B		C		D		E		F	
		5m	6m	5m	6m	5m	6m	5m	6m	5m	6m	5m	6m
14m	5.75m	NI-1	NI-31	NI-4	NI-34	NI-7	NI-37	NI-10	NI-40	NI-13	NI-43	NI-16	NI-46
	8.25m	NI-2	NI-32	NI-5	NI-35	NI-8	NI-38	NI-11	NI-41	NI-14	NI-44	NI-17	NI-47
	10.75m	NI-3	NI-33	NI-6	NI-36	NI-9	NI-39	NI-12	NI-42	NI-15	NI-45	NI-18	NI-48
16m	5.75m	NI-61	NI-91	NI-64	NI-94	NI-67	NI-97	NI-70	NI-100	NI-73	NI-103	NI-76	NI-106
	8.25m	NI-62	NI-92	NI-65	NI-95	NI-68	NI-98	NI-71	NI-101	NI-74	NI-104	NI-77	NI-107
	10.75m	NI-63	NI-93	NI-66	NI-96	NI-69	NI-99	NI-72	NI-102	NI-75	NI-105	NI-78	NI-108
18m	5.75m	NI-121	NI-151	NI-124	NI-154	NI-127	NI-157	NI-130	NI-160	NI-133	NI-163	NI-136	NI-166
	8.25m	NI-122	NI-152	NI-125	NI-155	NI-128	NI-158	NI-131	NI-161	NI-134	NI-164	NI-137	NI-167
	10.75m	NI-123	NI-153	NI-126	NI-156	NI-129	NI-159	NI-132	NI-162	NI-135	NI-165	NI-138	NI-168
20m	5.75m	NI-181	NI-211	NI-184	NI-214	NI-187	NI-217	NI-190	NI-220	NI-193	NI-223	NI-196	NI-226
	8.25m	NI-182	NI-212	NI-185	NI-215	NI-188	NI-218	NI-191	NI-221	NI-194	NI-224	NI-197	NI-227
	10.75m	NI-183	NI-213	NI-186	NI-216	NI-189	NI-219	NI-192	NI-222	NI-195	NI-225	NI-198	NI-228
22,5m	5.75m	NI-241	NI-271	NI-244	NI-274	NI-247	NI-277	NI-250	NI-280	NI-253	NI-283	NI-256	NI-286
	8.25m	NI-242	NI-272	NI-245	NI-275	NI-248	NI-278	NI-251	NI-281	NI-254	NI-284	NI-257	NI-287
	10.75m	NI-243	NI-273	NI-246	NI-276	NI-249	NI-279	NI-252	NI-282	NI-255	NI-285	NI-258	NI-288
25m	5.75m	NI-301	NI-331	NI-304	NI-334	NI-307	NI-337	NI-310	NI-340	NI-313	NI-343	NI-316	NI-346
	8.25m	NI-302	NI-332	NI-305	NI-335	NI-308	NI-338	NI-311	NI-341	NI-314	NI-344	NI-317	NI-347
	10.75m	NI-303	NI-333	NI-306	NI-336	NI-309	NI-339	NI-312	NI-342	NI-315	NI-345	NI-318	NI-348
27,5 m	5.75m	NI-361	NI-391	NI-364	NI-394	NI-367	NI-397	NI-370	NI-400	NI-373	NI-403	NI-376	NI-406
	8.25m	NI-362	NI-392	NI-365	NI-395	NI-368	NI-398	NI-371	NI-401	NI-374	NI-404	NI-377	NI-407
	10.75m	NI-363	NI-393	NI-366	NI-396	NI-369	NI-399	NI-372	NI-402	NI-375	NI-405	NI-378	NI-408
30m	5.75m	NI-421	NI-451	NI-424	NI-454	NI-427	NI-457	NI-430	NI-460	NI-433	NI-463	NI-436	NI-466
	8.25m	NI-422	NI-452	NI-425	NI-455	NI-428	NI-458	NI-431	NI-461	NI-434	NI-464	NI-437	NI-467
	10.75m	NI-423	NI-453	NI-426	NI-456	NI-429	NI-459	NI-432	NI-462	NI-435	NI-465	NI-438	NI-468

Figura 1.5: DEANIL Tomo I. Capítulo 4: Tablas de datos. Página 111

Como puede observarse, en esta tabla se determina la nave solución en función del tipo de nave (Tipo A para el caso supuesto) y las variables geométricas que se hayan fijado. Es importante destacar aquí que el código de cada nave que aparece en la tabla viene determinado de manera sencilla por una simple operación.

$$\text{CÓDIGO} = \text{CL} \times 60 + \text{CH} + \text{CM} \times 30 + \text{CTC} \times 3$$

Donde CL, CH, CM y CMC corresponden a los códigos de la luz, la modulación, la altura y la carga, respectivamente. El valor de cada uno de ellos se determina según la siguiente relación:

- Código de la luz CL:

L=14 - t CL=0

L=16 - t CL=1

L=18 - t CL=2

L=20 - t CL=3

L=22.5 - t CL=4

L=25 - t CL=5

L=27.5 - t CL=6

L=30 - t CL=7

- Código de la altura CH:

H=5.75 - t CH=1

H=8.25 - t CH=2

H=10.75 - t CH=3

- Código de la modulación CM:

M=5 - t CM=0

M=6 - t CM=1

- Código de la carga CTC: Para este caso hay que definir antes los códigos de cada una de las cargas.

Sobrecarga de Nieve (SCN)

Carga de nieve = 60 - t SCN = 1

Carga de nieve = 80 - t SCN = 2

Carga de nieve = 120 - t SCN = 3

Sobrecarga de Viento (SCV)

Carga de viento= Normal - t SCV = 1

Carga de viento = Expuesta - t SCV = 2

Sobrecarga Total (CTC)

SCV = 1 & SCN = 1 - t CTC = 0 (Tipo A)

SCV = 1 & SCN = 2 - t CTC = O (Tipo B)

SCV = 1 & SCN = 3 - t CTC = O (Tipo C)

SCV = 2 & SCN = 1 - t CTC = O (Tipo D)

SCV = 2 & SCN = 2 - t CTC = O (Tipo E)

SCV = 2 & SCN = 3 - t CTC = O (Tipo F)

Si se suponen una luz de 14m (CL = O), una altura de alero de 5.75m (CH = 1) y una modulación de 5m (CM = O), sin olvidar que se tenía carga de nieve de 60 KP/m^2 y carga de viento normal (SCN = 1 ; SCV = 1 - t CTC = O Tipo A), la nave solución sería la NI-1 (CL x 60 + CH + CM x 30 + CTC x 3 = 0 x 60 + 1 + 0 x 30 + 0 x 3) que, como se puede comprobar, corresponde con la nave indicada en la tabla.

Disponer de esta relación directa entre las características de la nave y la referencia que le corresponde facilitará enormemente las cosas a la hora de automatizar el diseño 3D de las naves, tal y como se pretende en este proyecto.

Seguidamente se pasaría a la tabla de los componentes que, tal y como se dijo antes, para el caso supuesto es la Tabla NI.2 (figura 1.6). En esta tabla aparecen las referencias de los componentes de las 288 naves anteriores (8 luces x 3 alturas x 6 tipos de nave x 2 modulaciones). No obstante, por simplicidad sólo se han ilustrado los primeros 36 casos que parecen en la sección de la tabla NI.2 en la página 112.

Tabla NI.2

Referencia nave	Pórtico	Cierre frontal	Correa fachada	Correa cubierta	Arriostramiento cubierto	Arriostramiento fachada	Atado en alero
NI-1	PI-1A	CFI-1	cfIOO	cc100	ancub16	orrfac16	atadolOO
NI-2	PI-2A	CFI-5	cfIOOo	cc100	oucub16	orrfac20	otadolOO
NI-3	PI-3A	CFI-11	cfIOOo	cc100	arrcub16	arrfac25	atadolOO
NI-4	PI-5A	CFI-2	cfIOO	cc120	arrcub16	orrfac16	atadolOO
NI-5	PI-7A	CFI-5	cfIOOo	cc120	aucub16	orrfac20	otadolOO
NI-6	PI-4A	CFI-11	cfIOOo	cc120	ancub16	orrfac25	atadolOO
N H	PI-10A	CFI-2	cfIOOo	cc140o	oucub16	arrfac16	atadolOO
NI-8	PI-11A	CFI-5	cfIOOo	cc140o	aucub16	orrfac20	otadolOO
NI-9	PI-9A	CFI-11	cfIOOo	cc140o	oucub16	onfac25	otadolOO
NI-10	PI-1A	CFI-5	cfIOOb	cc100	arrcub20	orrfac20	otadolOO
NI-11	PI-6A	CFI-14	cfIOOb	cc100	arrcub20	arrfac30	otadolOO
NI-12	PI-15A	CFI-17	cfIOOb	cc100	aucub20	aufac36	otadolOO
NI-13	PI-5A	CFI-5	cfIOOb	cc120	ancub20	arrfac20	otadolOO
NI-14	PI-7A	CFI-14	cfIOOb	cc120	oucub20	anfac30	otadolOO
NI-15	PI-15A	CFI-17	cfIOOb	cc120	aucub20	arrfac36	atadolOO
NI-16	PI-10A	CFI-5	cfIOOb	cc140o	oucub20	arrfac20	atadolOO
NI-17	PI-11A	CFI-14	cfIOOb	cc140o	oucub20	onfac30	atadolOO
NI-18	PI-16A	CFI-20	cfIOOb	cc140o	ancub20	orrfac36	otadolOO
NI-31	PI-5A	CFI-2	cfIOOb	CC120	arrcub16	orrfac16	otadolOO
NI-32	PI-7A	CFI-5	cfIOOb	cc120	arrcub16	oufac20	otadolOO
NI-33	PI-8A	CFI-11	cfIOOb	cc120	arrcub16	011fac25	otadolOO
NI-34	PI-10A	CFI-2	cfIOOb	cc140b	orrucub16	orrfac16	atadolOO
NI-35	PI-8A	CFI-5	cfIOOb	cc140b	arrcub16	onfac20	otadolOO
NI-36	PI-9A	CFI-11	cfIOOb	cc140b	orrucub16	onfac25	otadolOO

Figura 1.6: DEANIL Tomo I. Capítulo 4: Tablas de datos. Páginas 112-120

Una vez que se han reunido las referencias de cada uno de los siete componentes; pórtico, cierre frontal, correas de fachada, correas de cubierta, arriostramientos de cubierta, arriostramientos de fachada y atado en alero; habría que recopilar las dimensiones de éstos acudiendo a la información relativa presente en el Anexo 5 de la guía.

En el caso de los pórticos, estos pueden ser de tipo A y de tipo B. Los de tipo A se utilizan si la luz es menor de 20m y los de tipo B si es mayor o igual. Cada tipo tiene definidos sus componentes en las tablas PI.A y PI.B, respectivamente. Estas tablas vienen en el Anexo 5 de la guía y se muestran a continuación en las figuras 1.7 y 1.8.

Tabla PI.A.

Referencia pórtico	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte IPE	Unión tipo 2	Unión cumbrera	Unión alero
PI-1A	IPE-270	IPE-240	onci270	un2-240	uns-cum	uns-ale1
PI-2A	IPE-270	IPE-300	anci270	un2-300	uns-cum	uns-ole2
PI-3A	IPE-270	IPE-330	onci270	un2-330	uns-cum	uns-ole2
PI-4A	IPE-270	IPE-360	onci270	un2-360	uns-cum	uns-ale2
PI-SA	IPE-300	IPE-240	onci300	un2-2M)	uns-cum	uns-ole1
PI-6A	IPE-300	IPE-270	onci300	un2-270	uns-cum	uns-ale1
PI-7A	IPE-300	IPE-300	anci300	un2-300	uns-cum	uns-ale1
PI-6A	IPE-300	IPE-330	anci300	un2-330	uns-cum	uns-ale2
PI-QA	IPE-300	IPE-360	anci300	un2-360	uns-cum	uns-ale2
PI-IOA	IPE-330	IPE-270	onci330	un2-270	uns-cum	uns-ole1
PI-11A	IPE-330	IPE-300	anci330	un2-300	uns-cum	uns-ale1
PI-12A	IPE-330	IPE-330	anci330	un2-330	uns-cum	uns-ale1
PI-13A	IPE-330	IPE-360	onci330	un2-360	uns-cum	uns-ale2
PI-14A	IPE-330	IPE-400	anci330	un2-400	uns-cum	uns-ale2
PI-15A	IPE-360	IPE-270	anci360	un2-270	uns-cum	uns-ole1
PI-16A	IPE-360	IPE-300	onci360	un2-300	uns-cum	uns-ole1
PI-17A	IPE-360	IPE-330	anci360	un2-330	uns-cum	uns-ole1
PI-16A	IPE-360	IPE-360	onci360	un2-360	uns-cum	uns-ole1
PI-1QA	IPE-360	IPE-400	onci360	un2-400	uns-cum	uns-ale2
PI-20A	IPE-400	IPE-300	anci400	un2-300	uns-cum	uns-ole1
PI-21A	IPE-400	IPE-330	anci400	un2-330	uns-cum	uns-ale1
PI-22A	IPE-400	IPE-360	anci400	un2-360	uns-cum	uns-ole1
PI-23A	IPE-400	IPE-400	anci400	un2-400	uns-cum	uns-ale1
PI-24A	IPE-400	IPE-450	anci400	un2-450	uns-cum	uns-ale2

Tabla PI.A (Continuación)

Referencia pórtico	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte IPE	Unión tipo 2	Unión cumbrera	Unión alero
PI-25A	IPE-450	IPE-330	onci450	un2-330	uns-cum	uns-ale1
PI-26A	IPE-450	IPE-360	anci450	un2-360	uns-cum	uns-ale1
PI-27A	IPE-450	IPE-400	anci450	un2-400	uns-cum	uns-ale1
PI-26A	IPE-500	IPE-360	onci500	un2-360	uns-cum	uns-ole1
PI-2QA	IPE-500	IPE-400	anci500	un2-400	uns-cum	uns-ale1

Figura 1.7: DEANIL Tomo 2 Anexo 5: Dibujos. Páginas 148-149

Tabla PI.B

Referencia pórtico	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte IPE	Unión tipo 1	Unión tipo 1
PI-18	IPE-400	IPE-330	anci400	un1-330b	un3-330
PI-28	IPE-400	IPE-400	onci400	un1-400a	un3-400
PI-38	IPE-450	IPE-330	anci450	un1-330b	un3-330
PI-46	IPE-450	IPE-360	anci450	un1-360b	un3-360
PI-56	IPE-450	IPE-400	anci450	un1-400a	un3-400
PI-66	IPE-500	IPE-360	anci500	un1-360b	un3-360
PI-78	IPE-500	IPE-400	onci500	un1-400b	un3-400
PI-66	IPE-500	IPE-450	anci500	un1-450	un3-450
PI-18	IPE-500	IPE-400	anci550	un1-400b	un3-400
PI-108	IPE-S&J	IPE-450	anci550	un1-450	un3-450
PI-118	IPE-S&J	IPE-500	anci550	un1-500	un3-500
PI-126	IPE-600	IPE-450	anci600	un1-450	un3-450
PI-138	IPE-600	IPE-500	anci600	un1-500	un3-500
PI-146	IPE-600	IPE-600	anci600	un1-600	un3-600
PI-158	IPE-600	IPE-500	anci600	un1-500	un3-500
PI-168	IP&7E0x137	IPE-550	onci750	un1-550	un3-S&J

Figura 1.8: DEANIL Tomo 2 Anexo 5: Dibujos. Página 153

Por otra parte, los cierres frontales son de tipo CFI y los datos de sus componentes vienen en la tabla del mismo nombre.

Tabla CFI

Referencia cierre frontal	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte IPE	Unión tipo 1 p	Unión tipo 2p	Unión tipo 3p
CFI-1	IPE-120	IPE-120	oncl120	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-2	IPE-140	IPE-120	oncl140	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-3	IPE-140	IPE-140	anci140	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-4	IPE-140	IPE-160	oncl140	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-5	IPE-160	IPE-120	anci160	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-6	IPE-160	IPE-140	anci160	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-7	IPE-160	IPE-160	oncl160	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-8	IPE-180	IPE-120	anci180	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-9	IPE-180	IPE-140	anci180	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-10	IPE-180	IPE-160	oncl180	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-11	IPE-200	IPE-120	anci200	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-12	IPE-200	IPE-140	anci200	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-13	IPE-200	IPE-160	anci200	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-14	IPE-220	IPE-120	anci220	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-15	IPE-220	IPE-140	anci220	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-16	IPE-220	IPE-160	anci220	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-17	IPE-240	IPE-120	anci240	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-18	IPE-240	IPE-140	anci240	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-19	IPE-240	IPE-160	anci240	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-20	IPE-270	IPE-120	anci270	unlp-120	un2p-120	un3p-120
CFI-21	IPE-270	IPE-140	anci270	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-22	IPE-270	IPE-160	anci270	unlp-160	un2p-160	un3p-160
CFI-23	IPE-300	IPE-140	anci300	unlp-140	un2p-140	un3p-140
CFI-24	IPE-300	IPE-160	anci300	unlp-160	un2p-160	un3p-160

Figura 1.9: DEANIL Tomo 2 Anexo 5 Dibujos. Página 190

1.2. Objetivo

Como se ha podido observar a lo largo de la sección anterior, las soluciones que se presentan en la guía son múltiples pero limitadas. Sin embargo, con el fin de permitir a los proyectistas una mayor flexibilidad a la hora de seleccionar los datos geométricos de entrada, y sin dejar de garantizar el correcto funcionamiento de cada nave, desde la guía DEANIL se permite tomar valores intermedios de los mismos. De esta manera, los valores de la luz, la altura y la modulación en realidad representan un determinado rango de valores. Así pues, para el caso de la altura por ejemplo tendríamos la siguiente relación entre el dato dado y el rango de valores que realmente están permitidos, y análogamente para el resto de parámetros.

H (m)	Rango de H (m)
5.75	$H \leq 5.75$
8.25	$5.75 < H \leq 8.25$
10.75	$8.25 < H \leq 10.75$

Tabla 1.4: Rango de las alturas permitidas

Es evidente la gran ventaja que supone esta flexibilidad para los proyectistas, que disponen de esta manera de una infinidad de valores permitidos, acotados únicamente en su máximo. Así pues, la luz, altura y modulación pueden tomar cualquier valor siempre y cuando estos sean menores de 30m, 10.75m y 6m respectivamente.

Es físicamente imposible proveer al proyectista con todos los planos que podrían ser solución de su caso particular. No obstante, en la guía se presenta una solución de compromiso que consiste en incluir todos los planos que aparecen en la misma en un CD-ROM adjunto. Estos planos están en formato DXF, de manera que son editables con cualquier programa informático de dibujo, permitiéndose así que el proyectista personalice los planos.

Aunque la solución propuesta por ITEA es útil y viable, no deja de ser una tarea laboriosa para el usuario, quien debe dedicar horas de trabajo a modificar cada uno de los planos de cada uno de los componentes que conforman la nave, así como de cada una de sus piezas asociadas. Eso

evidente que existe una clara oportunidad de mejora en este aspecto. Fruto de esta oportunidad se decide crear una aplicación informática que, en base a las mismas tablas que utiliza DEANIL y con los valores reales de entrada que fije el proyectista, cree una representación 3D de la nave. Todo ello con las garantías de fiabilidad que ofrece esta guía que fue redactada por un grupo de ingenieros de la compañía *DASEIN Ingenieros S.L.* y publicada por el *Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA)*. Con esta aplicación se busca no sólo evitar horas de trabajo al usuario sino también ofrecer todas las ventajas añadidas que supone una representación 3D frente a los planos 2D que aporta ITEA.

Producto de esta iniciativa, en el año 2009 se lleva a cabo un Proyecto Fin de Carrera por parte del *Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería* desarrollado por el alumno Jesús Daniel Bragado Mata y tutelado por el profesor Francisco Hernández Rodríguez. A lo largo de dicho proyecto se aborda el problema de crear una aplicación que, tal y como se ha dicho anteriormente, represente la nave solución en 3D. Ahora bien, la cantidad de soluciones ofrecidas por la guía DEANIL es de tal alcance que resulta imposible abordar el problema completo en un sólo proyecto fin de carrera. Es por ello que se decide acotar la solución al caso de naves con un único pórtico simple con la configuración de cargas Tipo A (sin puente grúa), que se corresponde con las naves que tomábamos anteriormente para ilustrar el apartado del Modo de empleo de la guía.

Para crear la aplicación en primer lugar se genera una base de datos en Access, donde se almacenan todas las tablas que vienen recogidas en la publicación DEANIL. A continuación, se crea un libro Excel donde se introducen los valores de los parámetros geométricos de la consulta y que recupera, de la base de datos, la información relativa al caso particular. Seguidamente se generan unas tablas de diseño a partir de los datos recogidos que parametrizan cada una de las piezas de la nave. Por último, desde el programa CAD, en este caso SolidWorks se recoge la información de las hojas de diseño y se crea la representación 3D en función de estos parámetros. En la figura 1.10, tomada del proyecto de Bragado Matas, se muestra un esquema de la arquitectura del sistema.

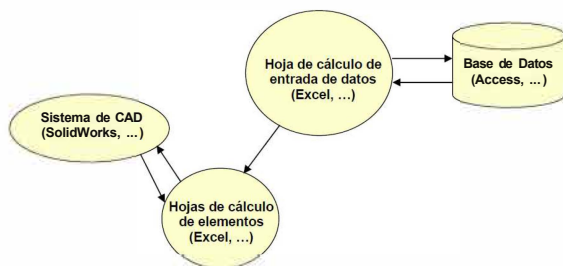


Figura 1.10: PFC Jesús Daniel Bragado Mata. Capítulo 5. Página 5

A lo largo de este trabajo se pretende ampliar el proyecto anterior, resolviendo el caso de naves de un único pórtico simple pero esta vez con configuración de carga tipo B (sin puente grúa).

Por otra parte, cabe destacar que, puesto que Catia (Computer-Aided Three Dimensional Interactive) es un programa de CAD ampliamente utilizado por pequeñas y grandes empresas, se ha decidido utilizar este software para el desarrollo de la aplicación en lugar de SolidWorks. Esta decisión se fundamenta no sólo en el afán por facilitar en lo máximo posible la labor al usuario en su día a día, sino que también se considera el mayor potencial que posee esta herramienta frente a la usada anteriormente.

Ambos softwares, Catia y SolidWorks, pertenecen a *Dassault Systemes*, una filial de la compañía *Dassault Group* que se centra en el desarrollo de programas CAD (computer-aided design). Por una parte, SolidWorks está enfocado al diseño 3D de componentes, lo que a priori responde a las necesidades de este trabajo. De hecho, utilizando este programa se resuelve sin incidentes el problema de crear una aplicación que automatice el diseño 3D de naves industriales ligeras, tal

y como puede comprobarse en el proyecto que se llevó a cabo con anterioridad. Sin embargo, las posibilidades que ofrece Catia van mucho más allá gracias a los numerosos módulos que lo conforman. Catia está pensado no sólo para el desarrollo 3D de las piezas, sino para definir todos los aspectos de un sistema de producción. Así, por ejemplo, se puede diseñar el proceso de fabricación requerido para las piezas y simular estudios ergonómicos, como determinar si el layout de una planta es el adecuado para el trabajo. Todas estas características hacen que el diseño 3D de las naves industriales sea potencialmente más útil para el usuario si se utiliza Catia.

Capítulo 2

Antecedentes y Solución

"Lo que sabemos es una gota de agua;
lo que ignoramos es el océano"
- Isaac Newton.

A lo largo de este capítulo se hablará de los antecedentes que preceden al trabajo, o sea, el Proyecto de Fin de Carrera llevado a cabo en 2009, y de cómo se han adaptado algunos de los elementos del mismo para su reutilización (Base de datos). Además, se detallarán la arquitectura y el procedimiento seguido para el desarrollo de la nueva aplicación.

Como se anunciaba en el apartado anterior, la arquitectura del sistema está definida por tres entornos principales:

- La base de datos, Access
- Las hojas de cálculo, Excel
- Programa CAD, Catia

Antes de entrar en detalle en cada uno de los entornos, es necesario visualizar claramente el objetivo del proyecto y el camino a seguir para conseguirlo. Como ya se adelantaba en el capítulo anterior, la base de datos almacena los valores de cada parte para cada uno de los casos posible, el Excel recoge la información del caso concreto en estudio de dicha base de datos, con esta información se actualizan las hojas de diseño presentes en Excel y por último Catia recoge la información actualizada de cada hoja de diseño.

De manera que lo primero que se debe hacer es crear la base de datos. Una vez hecho esto se crea la vinculación entre Access y Excel para actualizar los datos de este último en función de los valores de entrada que introduce el usuario. Con este fin se programará una macro en Excel en lenguaje VBA (Visual Basic for Applications). Por consiguiente, al ejecutar la macro la información se actualizará instantáneamente. Seguidamente, hay que avanzar a lo largo de la estructura de la nave pieza a pieza creando paralelamente el Part en Catia y la hoja de diseño en Excel.

A continuación, se especifican los aspectos generales de cada uno de los elementos principales de la aplicación.

2.1. Base de datos - Access

La función principal de la base de datos es almacenar toda la información presente en las tablas de diseño contenidas en la guía DEANIL. Además, esta base de datos nos permite mantener actualizada la información relativa a cada nave recogida en las hojas de diseño.

La base de datos de la que se parte fue creada anteriormente para el trabajo de fin de carrera de Jesús Bragado Mata y, salvo algunas modificaciones que se detallarán, ha permanecido prácticamente intacta.

Cabe destacar aquí que, puesto que en este trabajo y el que le precede no se han abarcado todas las soluciones que ofrece DEANIL, la base de datos es una base incompleta, donde se recoge únicamente la información necesaria. Es decir, se han excluido todas las tablas que son prescindibles en cuanto al alcance del proyecto se refiere. De manera que lo primero que se ha tenido que hacer al empezar el trabajo es comprobar que efectivamente, se tiene toda la información necesaria para elaborar el caso de las naves de pórtico simple sometidas a un estado de cargas tipo B. Para ello se ha seguido el camino marcado por las tablas de la guía y se han recogido las referencias de todos los elementos involucrados. En el anexo A se muestra toda la información recogida.

Acto seguido se puede ver un listado de las 17 tablas que conforman la base de datos ordenadas alfabéticamente, junto con la tabla original del libro DEANIL y su ubicación en dicho libro. Por otra parte, se han marcado con un asterisco las tablas que se han modificado durante el desarrollo de este trabajo y más adelante se explican los cambios llevados a cabo y su justificación.

Nombre de la Tabla	Tabla de DEANIL	Ubicación en DEANIL
Arriostramientos	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 249 y 250
Atado alero	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 230
Cierres frontales	Tabla CF1	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 190
Correas de cubierta	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 213
Correas de fachada	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 219
Naves	Tabla NI.2	Tomo 2. Capítulo 4: Tablas de datos. Pág. 112
Perfiles IPE	-	-
Placas de anclaje *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 251-255
Pórticos tipo A	Tabla PI.A	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 148
Pórticos tipo B	Tabla PI.B	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 153
Unión tipo 1 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 259-261
Unión tipo 1P *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 276
Unión tipo 2 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 262
Unión tipo 2P *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 277
Unión tipo 3 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 263
Unión tipo 3P	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 279
Vigas atado	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 230

Tabla 2.1: Listado de las tablas recogidas en la base de datos de Access

Antes de detallar los cambios que se han llevado a cabo en algunas de las tablas que conforman esta base de datos, cabe destacar que los valores de los parámetros de los perfiles IPE requeridos se corresponden con los normalizados en la norma NBE EA-95. En la figura 2.1 aparece un esquema de la geometría de un perfil en IPE junto con las medidas necesarias para definirlo. Así mismo, en la figura 2.2 se muestran todos los perfiles almacenados en la base de datos.

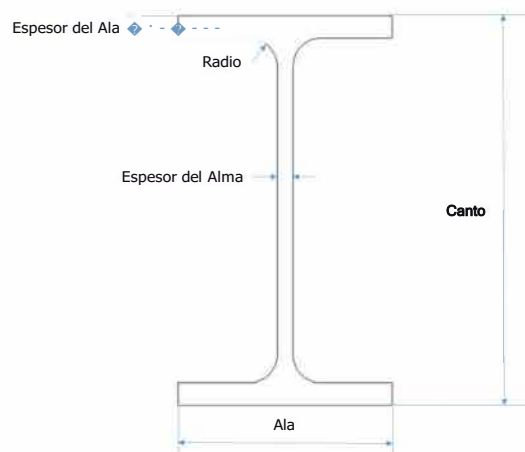


Figura 2.1: Sección de un perfil IPE

Id	Perfil	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Peso (kg/m)
17	IPE-80	80	46	5,2	3,8	5	6
18	IPE-100	100	55	5,7	4,1	7	8,1
1	IPE-120	120	64	6,3	4,4	7	10,4
2	IPE-140	140	73	6,9	4,7	7	12,9
3	IPE-160	160	82	7,4	5	9	15,8
4	IPE-180	180	91	8	5,3	9	18,8
5	IPE-200	200	100	8,5	5,6	12	22,4
6	IPE-220	220	110	9,2	5,9	12	26,2
7	IPE-240	240	120	9,8	6,2	15	30,7
8	IPE-270	270	135	10,2	6,6	15	36,1
9	IPE-300	300	150	10,7	7,1	15	42,2
10	IPE-330	330	160	11,5	7,5	18	49,1
11	IPE-360	360	170	12,7	8	18	57,1
12	IPE-400	400	180	13,5	8,6	21	66,3
13	IPE-450	450	190	14,6	9,4	21	77,6
14	IPE-500	500	200	16	10,2	21	90,7
15	IPE-550	550	210	17,2	11,1	24	106
16	IPE-600	600	220	19	12	24	122

Figura 2.2: Tabla de los perfiles IPE de la base de datos.

Como se puede ver en la relación de tablas anteriores (tabla 5.1), en esta base de datos se encuentra toda la información necesaria para trazar la serie de parámetros de todas las piezas que conforman la nave.

Por simplicidad, se prescinde de poner imágenes de todas las tablas que conforman la base de datos. No obstante, ésta se encuentra disponible junto con los archivos del trabajo para cualquier consulta.

Pasamos ahora a determinar los cambios que se han llevado a cabo en las tablas marcadas anteriormente.

- Placas de anclaje: En este caso se han añadido tres columnas a la tabla; arandelas, pernos y diámetro central. Esta información se ha sacado de las mismas páginas que se han mencionado antes, es decir, de la 251 a la 255. Tal y como puede verse en la figura 2.3.

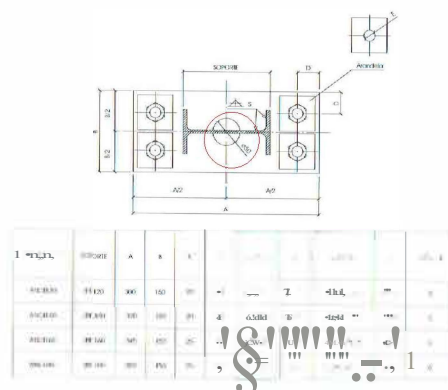


Figura 2.3: DEANIL Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 251

Cabe destacar que el diámetro central varía de una placa a otra, tomando los valores 50, 100 y 120. De manera que la tabla resultante es la que puede verse en la figura 2.4.

mi		Placas de anclaje																					
1	T	REFERENCIA	T	A	T	B	T	C	T	D	T	E	T	F	T	Taladros	T	Arandelas	T	Pernos	T	Diametro Central	T
		1 ANCI120		300	150	20	40	22	40					4	65x65x08			M20x1000				50	
		2 ANCI140		320	150	20	40	22	40					4	65x65x08			M20x1000				50	
		3 ANCI160		340	150	25	40	22	40					4	65x65x08			M20x1000				50	
		4 ANCI180		360	150	25	40	22	40					4	65x65x08			M20x1000				50	
		5 ANCI200		410	180	30	50	26	44					4	70x70x10			M24x1000				50	
		6 ANCI220		430	180	30	50	26	44					4	70x70x10			M24x1000				50	
		7 ANCI240		480	195	35	55	26	44					4	75x75x10			M24x1000				50	
		8 ANCI270		510	195	35	55	26	44					4	75x75x10			M24x1000				50	
		9 ANCI300		540	280	35	55	26	44					6	75x75x10			M24x1000				50	
		10 ANCI330		570	280	35	55	26	44					6	75x75x12			M24x1000				50	
		11 ANCI360		620	300	40	60	32	50					6	80x80x12			M30x1000				100	
		12 ANCI400		660	300	40	60	32	50					6	80x80x12			M30x1000				100	
		13 ANCI450		710	320	40	60	32	50					6	80x80x15			M30x1000				100	
		14 ANCI500		780	330	45	65	38	56					6	80x80x15			M36x1000				100	
		15 ANCI550		830	330	45	65	38	56					6	80x80x15			M36x1000				100	
		16 ANCI600		880	430	45	65	38	56					8	85x85x15			M36x1000				120	
		17 ANCI6000		880	430	45	65	38	56					8	85x85x15			M36x1000				120	
		18 ANCI750		1035	430	45	65	38	56					8	85x85x15			M36x1000				120	

Figura 2.4: Tabla de las placas de anclaje de la base de datos.

- Unión tipo 1: Esta tabla es la que ha sufrido el cambio más significativo, puesto que se ha renombrado una de las variables para que la parametrización fuera más sencilla y consistente.

Para poder entender este cambio hay que detenerse un momento a observar la geometría de la placa en cuestión. En las figuras 2.5, 2.6 y 2.7 se muestran las tres configuraciones posibles de los taladros de la placas.

Parémonos por un momento a mirar las variables J y K resaltadas en rojo. Tal y como puede observarse, la variable J (distancia entre el taladro y el rigidizador triangular) pasa a llamarse K en la tercera configuración. Además, en esta última configuración se nombra como J a una nueva variable que aparece para posicionar el par de taladros adicionales que se realizan a la placa. Parece obvio por tanto, que hayamos decidido intercambiar los nombres en esta última disposición de la placa de manera que las variables sean siempre iguales. La tabla resultante de la base de datos es la que se puede ver en la figura 2.8.

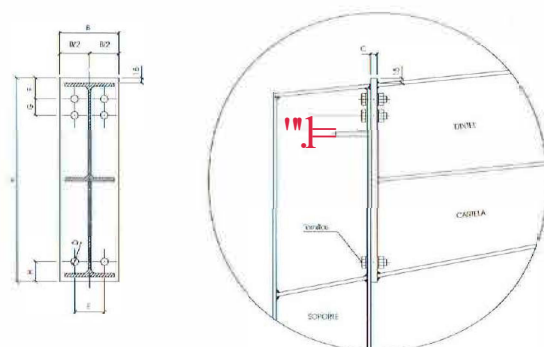


Figura 2.5: Representación de la primera configuración posibles de los taladros de la placa I. (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 259)

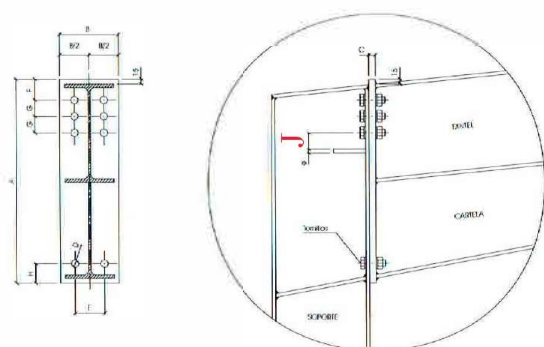


Figura 2.6: Representación de la segunda configuración posibles de los taladros de la placa I. (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 260)

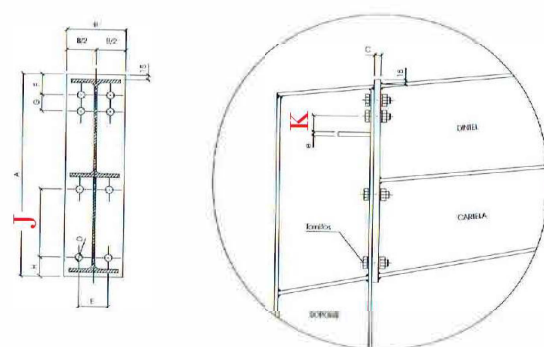


Figura 2.7: Representación de la tercera configuración posibles de los taladros de la placa I. (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 261)

Unión Tipo 1													
Id	REFERENCIA	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	TORNILLOS	
1	UNI-220	465	130	15	18	66	57	40	55	40		O 6 TR-16	
2	UNI-240	505	140	15	18	70	53	40	50	40		O 6 -TR16	
3	UNI-300A	625	180	20	22	80	64	50	60	50		O 6 TR-20	
4	UNI-300B	625	180	20	22	90	64	50	60	50		O 6 TR-20	
5	UNI-330A	685	190	20	22	85	65	50	61	50		O 6 TR-20	
6	UNI-330B	685	190	20	22	95	65	50	61	50		O 6 TR-20	
7	UNI-400A	825	210	25	26	95	73	65	66	60		O 6 TR-24	
8	UNI-400B	825	210	25	26	110	73	65	66	60		O 6 TR-24	
10	UNI-270	565	160	15	18	80	53	40	50	40		O 8 TR-16	
11	UNI-360A	745	200	20	22	90	66	50	62	50		O 8 TR-20	
12	UNI-360B	745	200	20	22	100	66	50	62	50		O 8 TR-20	
13	UNI-450	930	220	25	26	110	74	65	71	60		347 8 TR-24	
14	UNI-500	1030	230	25	26	120	75	65	70	60		398 8 TR-24	
15	UNI-550	1135	240	30	30	120	82	75	79	65		439 8 TR-27	
16	UNI-600	1235	250	30	30	130	84	75	78	65		489 8 TR-27	

Figura 2.8: Tabla de la placa de la unión tipo 1 de la base de datos

Obsérvese que para las placas en las que K no está definida se le ha dado valor cero.

- Uniones tipo 2 y 3: Simplemente se ha añadido una columna para los tornillos de estas uniones.

m		Unión Tipo 2																						
1	T	REFERENCIA	T	A	T	B	T	C	T	D	T	E	T	F	T	G	T	H	T	J	T	TORNILLOS	r	
		1	UN2-220			285		130		15		18		66		50		20		70		55	6	TR-16
		2	UN2-240			305		140		15		18		70		50		20		70		55	6	TR-16
		3	UN2-270			335		160		15		18		80		50		20		70		55	6	TR-16
		4	UN2-300			395		180		20		22		90		80		25		111		8	16	TR-20
		5	UN2-330			425		190		20		22		100		80		25		112		82	6	TR-20
		6	UN2-360			455		200		20		22		110		80		25		113		83	6	TR-20
		7	UN2-400			505		210		25		26		110		90		30		124		89	6	TR-24
		8	UN2-450			555		220		25		26		110		90		30		125		90	6	TR-24
		9	UN2-500			605		230		25		26		120		90		30		126		9	16	TR-24
		10	UN2-550			660		240		30		30		120		95		35		127		92	6	TR-27
		11	UN2-600			710		250		30		30		130		95		35		129		94	6	TR-27

Figura 2.9: Tabla de la placa de la unión tipo 2 de la base de datos

Unión Tipo 3

Id	REFERENCIA	T	A	T	B	T	C	T	D	T	E	T	F	T	G	T	H	T	J	T	TORNILLOS	T
1	UN3-220		285		130		15		18		66		50		20		70		55		6 TR-16	
2	UN3-240		305		140		15		18		70		50		20		70		55		6 TR-16	
3	UN3-270		335		160		15		18		80		50		20		70		55		6 TR-16	
4	UN3-300		395		180		20		22		90		80		25		111		81		6 TR-20	
5	UN3-330		425		190		20		22		100		80		25		112		82		6 TR-20	
6	UN3-360		455		200		20		22		110		80		25		113		83		6 TR-20	
7	UN3-400		505		210		25		26		110		90		30		124		89		6 TR-24	
8	UN3-450		555		220		25		26		110		90		30		125		90		6 TR-24	
9	UN3-500		605		230		25		26		120		90		30		126		91		6 TR-24	
10	UN3-550		660		240		30		30		120		95		35		127		92		6 TR-27	
11	UN3-600		710		250		30		30		130		95		35		129		94		6 TR-27	

Figura 2.10: Tabla de la placa de la unión tipo 3 de la base de datos

- Uniones tipo 1P y 2P: Se han cambiado los tornillos tipo TR-10 por TR-12. Este cambio se decidió tras comprobar que en la norma NBE-EA-1995, respecto a la que está fundamentado el libro DEANIL, el tornillo de menor métrica que aparece es TR-12, no existiendo el TR-10.

Unión Tipo 1P

Id	REFERENCIA	B	TORNILLOS
1	UNIP-120	20	4 TR-12
2	UNIP-140	25	4 TR-12
3	UNIP-160	25	4 TR-12

Figura 2.11: Tabla de la placa de la unión tipo 1P de la base de datos

Unión Tipo 2P

Id	REFERENCIA	s	TORNILLOS
1	UN2P-120	20	2 TR-12
2	UN2P-140	25	2 TR-12
3	UN2P-160	25	2 TR-12

Figura 2.12: Tabla de la placa de la unión tipo 2P de la base de datos

2.2. Programa de CAD - Catia

Una de las claves de este proyecto reside en vincular los parámetros de diseño de Catia con las hojas de diseño, lo cual permite no sólo mantener actualizada la información conforme a la base de datos sino además personalizar las piezas de la nave que dependen de la altura, la luz y la longitud para que la solución se ajuste exactamente a los valores de entrada fijados por el usuario.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para vincular una pieza de Catia a una hoja de Excel que contiene todos los parámetros de diseño de la pieza.

En aras de la claridad se va a tomar un simple Sketch para el ejemplo, que es más que suficiente para fijar los conceptos. En primer lugar, se deben crear las variables necesarias para dimensionar la pieza que se quiere fabricar. Para ello se abre el cuadro de herramientas *Knowledge* y se selecciona el comando *Fórmula* (figure 2.13).

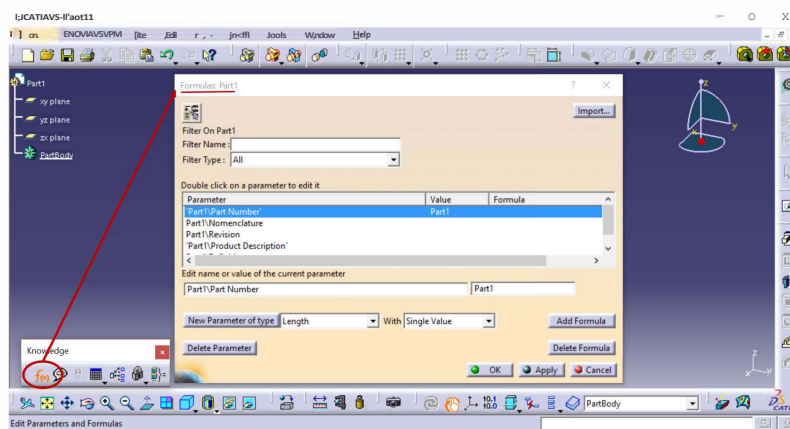


Figura 2.13

Una vez que se ha abierto la ventana *Fórmulas* se determinan las propiedades del nuevo parámetro que se quiere crear. Para ello se despliega la lista de opciones y se selecciona el deseado, que en este caso es de tipo *Length* (figura 2.14). A lo largo de todo el trabajo se han utilizado variables de tipo Real, Angle y Length, aunque como puede verse en la figura existen una infinidad de opciones que pueden ser muy útiles para otras aplicaciones que difieren de la nuestra.

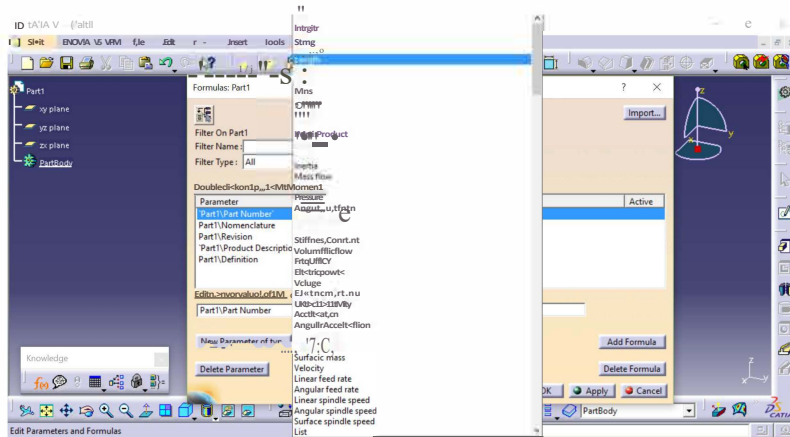


Figura 2.14

Posteriormente clicamos *New Parameter of Type* de manera que se crea la variable deseada.

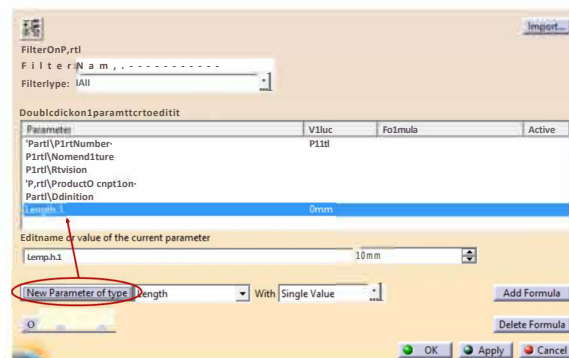


Figura 2.15

Como puede verse en la figura 2.16 la nueva variable aparece en el árbol de la parte. Si la seleccionamos con doble clic se abre una ventana en la que podemos renombrar la variable si así lo deseamos y cambiar su valor asociado. Como puede verse Catia trabaja en *mm* por defecto.

Puesto que para el ejemplo se va a crear un Sketch de un rectángulo, se repite todo el proceso y se crea una segunda variable Length.2 y nuevamente se le da el valor que se quiera en el árbol.

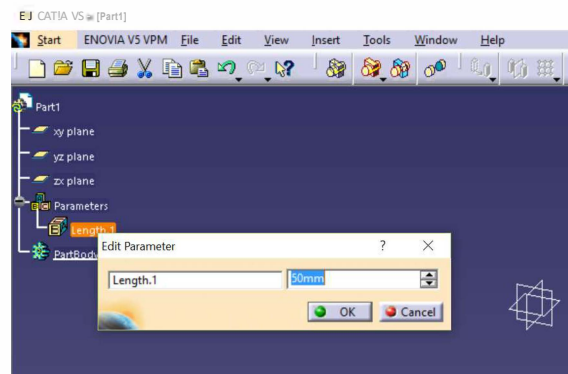


Figura 2.16

Cabe destacar que es muy posible que la variable no aparezca en el árbol, ya que por defecto Catia viene configurado para no mostrar los parámetros. Si esto ocurre, no hay más que reconfigurarlo, para ello hay que ir a Options en el menú de Tools, seleccionar Infraestructura en concreto la opción de Parts Infraestructura y en la pestaña Display activar la opción Parameters.

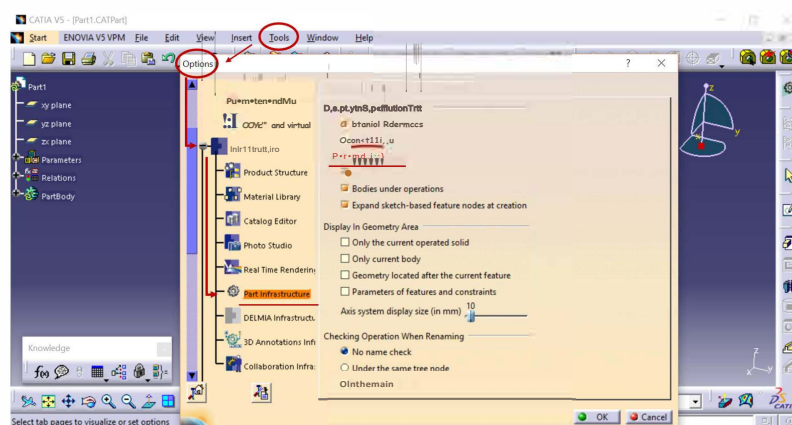


Figura 2.17

Una vez que se tienen disponibles las variables en el árbol se crea el Sketch y se acota. A continuación, se selecciona cada una de las cotas y en lugar de dársele un valor fijo se hace clic derecho sobre el recuadro. Esto abre un desplegable en el que seleccionamos *Edit formula*.

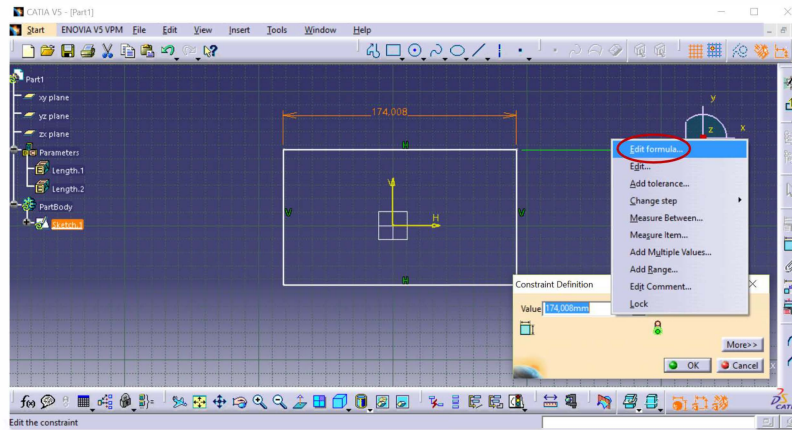


Figura 2.18

En el recuadro que se abre se pueden incluir fórmulas matemáticas que tengan como parámetros los creados por el usuario. Para introducir las variables se pueden escribir o seleccionar directamente del árbol.

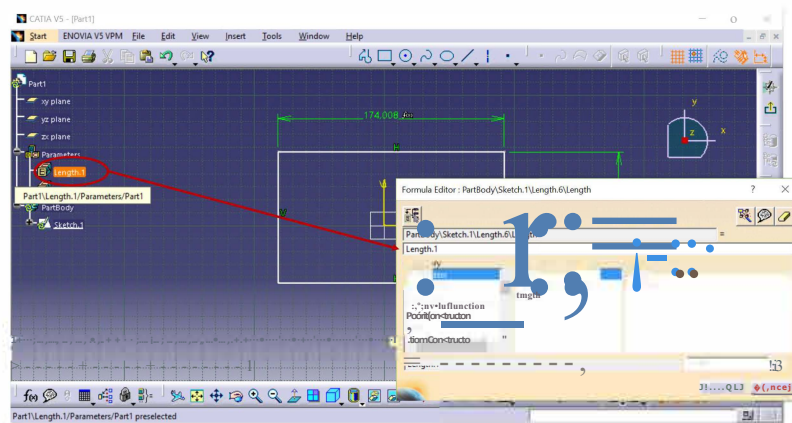


Figura 2.19

Por otra parte, hay que crear una tabla en un libro Excel que de valores a las variables definidas en Catia. Nótese que podría darse toda una lista de valores a los parámetros y luego desde Catia se podría elegir qué fila de la tabla es la que se quiere activar en cada momento. No obstante, puesto que dicha selección se debe hacer manualmente no es interesante para el trabajo que se está desarrollando, ya que la principal característica del mismo es que el sistema debe trabajar de manera totalmente autónoma.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	L1.Length.1	L1.Length.2										
2	1000	500										
3												
4												
5												
6												

Figura 2.20

Finalmente se vincula la tabla de Excel con los parámetros definidos de la pieza. Cabe mencionar que, si bien a lo largo del proceso anterior el orden de los factores no altera el producto y se pueden crear nuevos parámetros conforme sea necesario, la vinculación debe ser lo último que se haga. En caso contrario habría que romper y posteriormente repetir la vinculación para incluir el nuevo parámetro que se ha definido en la tabla. Además, no se pueden cambiar los nombres de las columnas de Excel, aunque sí sus valores. De hecho estos valores variarán para cada caso, y son los responsables directos de actualizar las dimensiones de las partes. Por el contrario, los nombres de las variables de Catia sí pueden sufrir cambios.

Para vincular la tabla de Excel volvemos a recurrir al cuadro de herramientas *Knowledge* y en esta ocasión seleccionamos la herramienta *Design Table*, representada por una hoja de cálculo. Una vez que se ha abierto la ventana se nombra la tabla y se seleccionan las propiedades deseadas. En nuestro caso marcamos crear tabla de diseño a partir de un archivo pre-existente y orientación vertical. Esta orientación responde al formato que hemos utilizado a la hora de crear la tabla, con los nombres de las variables en la primera fila y los valores debajo de esta. Por último, y más importante, debemos seleccionar en qué hoja del libro de Excel se encuentra la tabla de valores. Tener la libertad de elegir la hoja del libro presenta una de las principales ventajas que ofrece Catia frente a SolidWorks, ya que esta característica permite tener un solo libro con múltiples hojas para el diseño de todas las piezas, en lugar de múltiples libros de una sola hoja como pasaba en el Proyecto anterior.

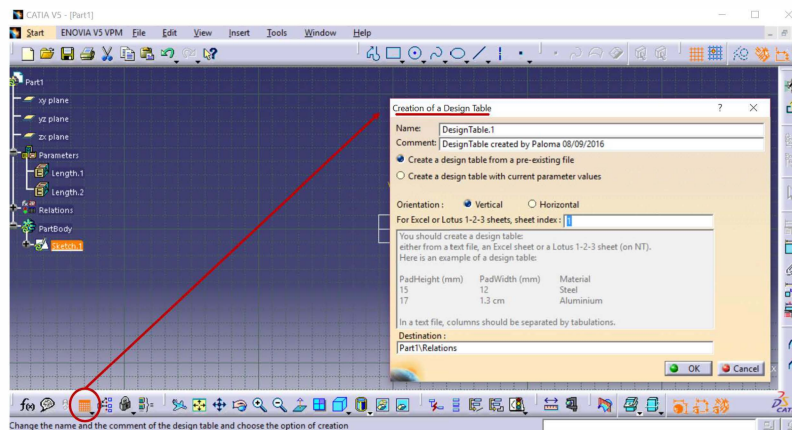


Figura 2.21

Una vez se han fijado todas las características de la tabla que se va a crear se clicka OK. Acto seguido se abre una ventana que nos permite seleccionar el libro de Excel del ordenador. Una vez elegido, se abre otra ventana que nos pregunta si queremos hacer una asociación automática de variables, es recomendable no hacer esto, ya que aunque nos lleve unos segundos más, nos permite evitar posibles errores que pasarían desapercibidos inicialmente pero podrían resultar en grandes problemas dada la envergadura del proyecto. Por tanto, hacemos la asociación manualmente parámetro a parámetro. Para facilitar esta tarea filtramos las variables y nos quedamos únicamente con los de usuario, de manera que sólo aparecen los que se han creado anteriormente. Se elige la correspondencia entre los parámetros de las dos columnas y se asocia.

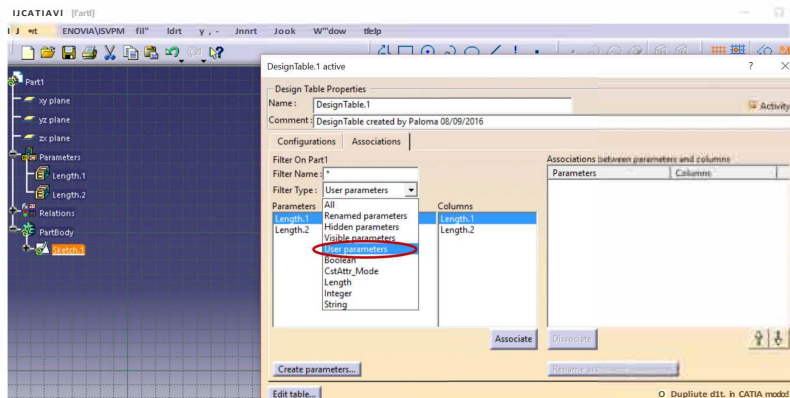


Figura 2.22

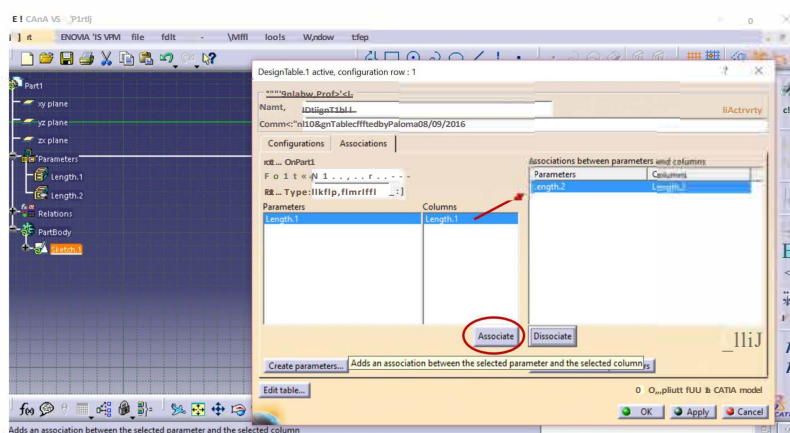


Figura 2.23

Es importante ser conscientes de que una vez vinculado el libro este no se puede renombrar ni cambiar de ubicación, o Catia no sería capaz de encontrarlo. Además, es muy importante no variar de posición la hoja vinculada dentro del Excel, por ejemplo en este caso no se podrían crear nuevas hojas antes de la primera aunque sí detrás. De esta manera la primera hoja, que es la vinculada, no se desplazaría de posición.

2.3. Hojas de cálculo - Excel

Antes de empezar h_a y que resaltar que el libro de Excel supone el único hilo de unión entre la base de datos y el programa CAD. De manera que no se debe subestimar ni la importancia ni el poder de esta herramienta. Es por ello que se debe ser muy cuidadoso a la hora de relacionar entre sí cada una de las celdas que lo conforman y que serán las responsables de dar valores a los parámetros que se requieren desde Catia, tal y como se ha mostrado en el ejemplo del Sketch.

Así pues, en esta sección se va a introducir la estructura de las hojas de diseño que son necesarias para parametrizar las piezas de la nave. Para ello se han creado dos libros de Excel, que están vinculados en todo momento a las piezas y los conjuntos de Catia, tal y como se verá más adelante.

- Entrada datos nave.xls

- Tornillos & Tuercas.xls

Véase que se ha elegido el formato de compatibilidad de Excel (extensión .xls) de manera que se permite total flexibilidad a los usuarios en cuanto a la versión de Excel con la que se pueden abrir los archivos.

El primer y principal archivo contiene las hojas de diseño que nos permiten parametrizar las partes principales de la nave. Es decir, soportes, dinteles, placas de unión, cartela, etc. Además de las hojas que permiten crear los patrones de posicionamiento de piezas y conjuntos entre sí.

Igualmente, cabe destacar que es imprescindible mantener toda esta información actualizada, de acuerdo con la nave concreta que el usuario requiera en cada momento. Con este fin se enlaza el Excel con la base de datos de Access que contiene la información principal que aportarían las tablas de DEANIL.

Por otra parte, el segundo archivo contiene todas las hojas de diseño relacionadas con la tornería de la nave. Es decir, tuercas, tornillos y arandelas de las uniones, los anclajes y los arriostramientos. En esta ocasión, por comodidad y eficiencia, el libro está asociado al Excel principal en lugar de a la base de datos.

2.3.1. Excel de entrada de datos para la nave

Para poder explicar todo lo que contiene este libro de Excel y su potencial es necesario hablar no sólo de las hojas que lo conforman sino también de las Macros que se han desarrollado específicamente para este trabajo. Estas Macros, además de su funcionalidad propia tienen como objetivo principal crear en todo momento un entorno de trabajo más amable con el usuario.

Al abrir este Excel lo primero que se puede ver es que está conformado de seis hojas visibles. Es necesarios que especificar que además de estas seis hojas de cálculo el libro contiene otras tantas ocultas. Estas hojas ocultas son precisamente las que tiene la información requerida desde Catia para parametrizar las dimensiones las piezas y su posicionamiento. Se ha tomado la decisión de ocultar estas hojas con el fin de que el usuario final, o sea, el proyectista no se vea perdido en un laberinto de hojas que en principio no necesita ver para el funcionamiento de la aplicación. No obstante, como veremos más adelante las hojas son fácilmente accesibles si se desea consultarlas.

Pasemos pues a ver la primera hoja (figura 2.24), en ésta se muestra un esquema de las variables de entrada así como de las condiciones que deben cumplir y se pide al usuario que fijen los parámetros de dimensionamiento principal de la nave, que son la luz y la longitud de la misma.

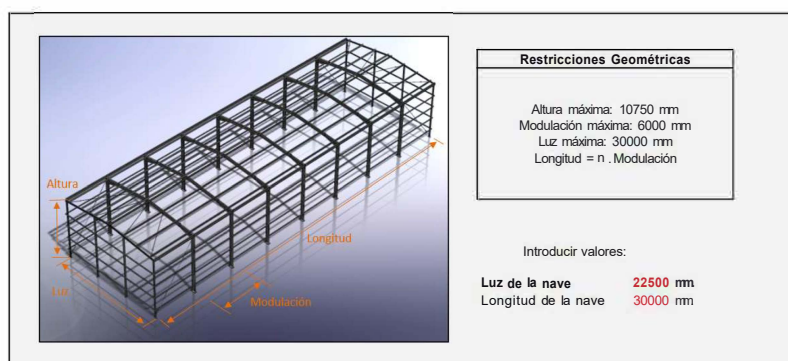


Figura 2.24: Primera hoja del libro principal de Excel

A continuación, en la segunda hoja se deben fijar el resto de valores deseados para la consulta, es decir, altura, modulación, pendiente y sobrecargas. Fruto de estos valores, en esta hoja se indica el tipo de nave en el que está incluido el caso y el código exacto de la nave concreta.

Nótese que aunque está permitido fijar valores de naves correspondientes a los tipos C, D, E, y F, estos casos no serán abordados a lo largo de esta aplicación. Y por tanto, no se puede obtener la representación 3D para estas hipótesis de entrada. No obstante, es interesante poder consultar estos casos en el Excel y se obtendrá el código de la nave, tal y cómo puede verse en la figura 2.25. Además, también es posible cargar la información de las tablas de la base de datos para estos casos, de manera que supone una herramienta muy útil a la hora de reunir todos los datos necesarios para la consulta manual de la guía.

PROYECTO			
AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO 3D DE NAVES LIGERAS			
DATOS DE ENTRADA			
Luz de la nave	22500	mm	<input type="button" value="Resetear Valores"/>
Altura de alero	5750	mm	
Pendiente de la cubierta	0,1		
Modulación	5000	mm	
Longitud de la nave	30000	mm	
Sobrecarga de nieve	80	Kg/m2	
Sobrecarga de viento	Normal		
NAVE SOLUCIÓN: N1-244 Nave Tipo: B			
Ir a Nave con Luz mayor 20m y ejecutar la macro			

Figura 2.25: Segunda hoja del libro principal de Excel

Por otra parte, es importante no perder de vista que estamos tratando el caso de un único pórtico simple sin puente grúa. Estas variables por tanto no se pueden concretar a lo largo de la consulta porque ya han sido prefijadas durante el diseño.

En cuanto a la tercera hoja, esta es la responsable de determinar el código de la nave que se podía ver en la hoja anterior. Para determinar dicho código se ha hecho uso de la fórmula que se explicaba en el capítulo 1.

$$\text{CÓDIGO} = \text{CL} \times 60 + \text{CH} + \text{CM} \times 30 + \text{CTC} \times 3$$

Como se puede ver primero se determinan los códigos de cada variable y fruto de estos, y en función de la ecuación anterior, se fija el de la nave.

PROYECTO			
AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO 3D DE NAVES LIGERAS			
CÁLCULOS			
Código Luz 4	Código Altura 1	Código Modulación 0	CÓDIGO RESULTANTE 244
Sobrecarga de nieve 2	Sobrecarga de viento 1	Código Carga 1	

Figura 2.26: Tercera hoja del libro principal de Excel

En las figuras 2.27 y 2.28 se muestra la cuarta hoja del libro. En esta hoja se recogen todos los valores de la consulta de la base de datos. Para actualizar los resultados conforme a las nuevas

variables de entrada es necesario pulsar el botón de la macro que aparece arriba a la derecha y que es la responsable de actualizar esta hoja (el código de la macro viene adjunto en el anexo B).

Obsérvese que los valores de las celdas se corresponden con los de las tablas que se han ido presentando anteriormente. Así pues, los datos de la nave recogidos en la fila 16 se corresponden con los que se obtienen de la tabla N1.2 (figura 1.6), para la nave N1-4; los datos del pórtico (fila 22) se corresponden con los recogidos de la tabla P1.A (figura 1.7); los datos del cierre frontal (fila 83) se corresponden con la tabla CF1 (figura 1.9); los datos de los perfiles IPE (filas 28, 40, 89 y 101) se corresponden con los valores de la base de datos (2.2); los datos de los anclajes (filas 34 y 95) se corresponden con la tabla 2.4; los datos de la uniones tipo 2 (fila 46) se corresponden con las tablas de la base de datos (figura 2.9); y análogamente con el resto de datos.

PROYECTO

AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO 3D DE NAVES LIGERAS

LA NAVE SOLUCIONES 'NAVE-8.1.1'

RESULTADOS

NAVE SOLUCIÓN: N1-4

Ejecutar MACRO para Nave con Luz menor a 20 metros

Ir a General si se quieren ver las Hojas de Diseño

GUARDAR

DATOS DE LA NAVE

Nave	Pórtico	Cierre frontal	correa tachada	correa cublena	Aniostramiento cublena	Aniostramiento rchada	Atado en alero
N1-4	P1-5A	C.F.H	d100a	cc120	arrub16	arrfac16	alado100

DATOS DEL PÓRTICO

REFERENCIA	SOPORTE	DIETEL IPE	ANCLAJE SOPORTE	UNIÓN TIPO 2	UNIÓN CUMBRERA	UNIÓN ALERO
P1-5A	IPE-300	IPE-240	ANC300	UN2-240	UNSCUM	UNSALE1

DATOS DEL SOPORTE DEL PÓRTICO

Perfil	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Peso (kg/m)
IPE-300	300	150	10.7	7.1	15	42.2

DATOS DE LA ANCLAJE

REFERENCIA	A	B	C	D	E	F	Taladros	Arandelas	Pernos	Diámetro Central
ANC300	540	280	35	55	26	44	6	75x75x10	M24x1000	50

DATOS DEL DIETEL

Perfil	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Peso (kg/m)
IPE-240	240	120	9.8	6.2	15	30.7

DATOS DE LA UNIÓN TIPO 2

REFERENCIA	A	B	C	D	E	F	G	H	J	TORILLOS
UN2-240	305	140	15	18	70	50	20	70	55	5TR-16

ESPESORES DE LAS UNIONES SOLDADAS

uns.cum	a1a1.a1a2	a1a1.a1a2	a1a1.a1a2	a1a1.a1a2
CUMBRERA	TAPA DEL SOPORTE	RIGIDIZADOR SOPORTE	TAPA DIETEL	RIGIDIZADOR DIETEL
10	10	10	5	15

CORREAS DE FACHADA

REFERENCIA	Canto	Ala	Espesor Ala	Espesor Alma	Radio	Peso
ct100a	100	55	5.7	4.1	7	8.1

Distancia correa inferior

Distancia correa superior

Número de correas

Distancia entre correas

1050

1468

3

1616

Figura 2.27: Cuarta hoja del libro principal de Excel

[illegible]

Figura 2.28: Cuartaa hoja del libro principal de Excel (continuación)

La quinta hoja es muy parecida a la anterior ya que muestra la recopilación de los datos de la nave, pero en este caso para luces mayor de 20 metros. En el siguiente capítulo se detallará el porqué de la necesidad de separar los casos según la luz. Una vez más, para actualizar los valores mostrados no hay más que ejecutar la macro que aparece en arriba a la derecha.

Por último, en la sexta hoja (figura 2.29) se recogen todas las variables del caso para facilitar luego las conexiones entre celdas durante el desarrollo de las hojas de diseño. Igualmente, se muestra toda la relación de tablas de diseño que conforman el resto del libro y que están a priori ocultas.

[illegible]

Figura 2.29: Sexta hoja del libro principal de Excel

Buscando siempre que el entorno de trabajo sea lo más amable posible con el usuario se han desarrollado varias macros que permiten mostrar y ocultar todas las hojas de diseño de las partes de cada componente principal de la nave. Si se desea consultar el código de estas macros, está en el anexo correspondiente al final del trabajo.

2.3.2. Excel de tornillos y tuercas

Este Excel secundario almacena toda la información relativa a la tornillería de la nave, es decir, tuercas, tornillos y arandelas. Está compuesto por 30 hojas. En esta ocasión todas las hojas están visible, ya que a priori es un elemento auxiliar que en ningún caso debe ser consultado por el usuario.

De todas las hojas que lo conforman seis de ellas están dedicadas a almacenar los valores de la normalización de la tornillería. La guía DEANIL se rige por la *Norma NBE-EA-1995*, por tanto, las tablas de normalización necesarias se han tomado de la misma. En concreto a lo largo de este proyecto se ha requerido de tornillos ordinarios y tornillos de alta resistencia.

Tornillería ordinaria

En este caso sólo han sido necesarias tuercas y arandelas ordinarias, no se han necesitado tornillos. La geometría y dimensiones de las tuercas y las arandelas que se ha utilizado para definir los elementos y cuyos parámetros se almacenan en este Excel se muestran en las figuras 2.30 y 2.31.

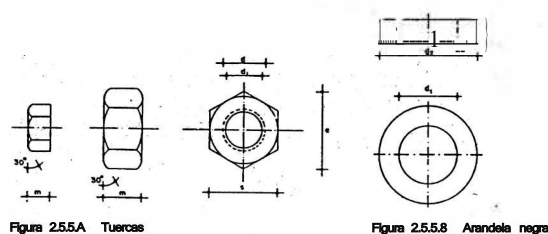


Figura 2.30: Geometría de las tuercas y arandelas ordinarias según la Norma NBE-EA-1995

Tabla 2.5.5.A Tuercas para perfiles ordinarios y calibrados

L..... Øo	Dimensiones					kg
	Diámetro Øo	Ø. medio Øi(N)	Espesor e	Medida entre bridas D	Medida entre caras D1	
M 10	10	8.376	10	19.6	17	10.9
M 12	12	10.106	12	21.9	19	13.9
M 16	16	13.835	16	27.7	24	20.8
M 20	20	17.294	20	34.6	30	60.3
M 22	22	19.294	22	36.9	32	80.2
M 24	24	20.125	24	40.6	36	103.0
M 27	27	23.752	27	47.3	41	157.0
M 30	30	26.211	30	53.1	46	216.0
M 33	33	28.211	33	57.7	50	271.0
M 36	36	31.670	36	63.5	56	369.0

Tabla 2.5.5.B Arandelas negras y pulidas

Arandela tipo	Dimensiones			kg
	Diámetro de agujero Øo mm	Diámetro exterior Øe mm	Espesor e mm	
A 10 y AP 10	11.5	21	8	15.2
A 12 y AP 12	13.5	24	8	19.5
A 16 y AP 16	17.5	30	8	29.3
A 20 y AP 20	21.5	36	8	44.5
A 22 y AP 22	24.0	41	8	51.0
A 24 y AP 24	26.0	46	8	61.5
A 27 y AP 27	29.0	50	8	81.6
A 30 y AP 30	32.0	56	8	104.0
A 33 y AP 33	35.0	60	8	117.0
A 36 y AP 36	38.0	68	8	157.0

Figura 2.31: Dimensiones de las tuercas y arandelas ordinarias según la Norma NBE-EA-1995

Tornillería de alta resistencia

En este caso se han necesitado tanto arandelas y tuercas como tornillos de alta resistencia. En las imágenes 2.32, 2.33 y 2.34 se muestran la geometría y dimensiones de los tornillos. Fíjese que en la tercera imagen se dimensiona la longitud del tornillo en función de la longitud de apretadura. La longitud de apretadura viene definida en el esquema de la geometría (Figura 2.32) y es la suma de los espesores de todos los elementos que debe unir el tornillo.

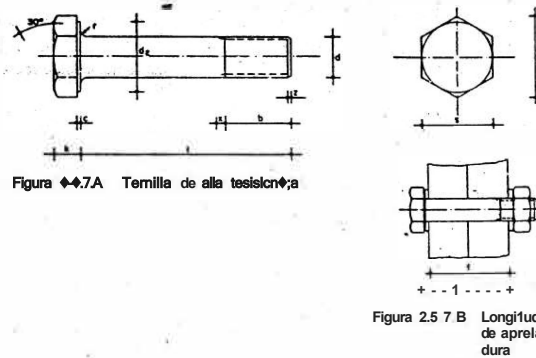


Figura 2.32: Geometría de los tornillos de alta resistencia según la Norma NBE-EN-1995

T-2.5.7.A - d e los tornillos de - lftistenda

Tornillo	D	H	Longitud, b. función		Longitud útil	Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro de cabeza	Diámetro de agujero
			1	2					
IA 12	12	21	21	23	25	10	22	25.4	11.14
TR 16	16	26	26	28	30	10	V	312	11.18
TR 22	22	31	31	33	35	13	31	31.1	21.22
TR 27	27	36	36	38	40	15	39	39.0	23.2
TR 32	32	41	41	43	45	17	43	43.5	25.36
TR 36	36	46	46	48	50	17	47	47.5	28.29

Figura 2.33: Dimensiones de los tornillos de alta resistencia según la Norma NBE-EN-1995

Tabla 2.5.7.C Longitud de apretadura de los tornillos de alta resistencia

Longitud del tornillo	Longitud de apretadura	Longitud de apretadura	Longitud de apretadura	Longitud de apretadura	Longitud de apretadura
mm	TH12	TR16	TR20	TR22	TR27
30	1-10				
35	11-14				
40	15-19	10-14			
45	20-24	15-19			
50	25-29	20-23	15-19		
55	30-34	25-28	20-24	19-23	
60	35-38	29-33	25-29	24-28	22-26
65	39-42	34-38	30-34	29-33	27-31
70	44-47	39-43	35-39	34-37	32-36
75	49-52	44-48	40-44	39-42	37-41
80	54-57	49-52	45-49	44-47	42-46
85	59-62	54-57	50-53	49-52	47-51
90	64-67	59-62	55-58	54-57	52-56
95	69-72	64-67	60-63	59-62	57-61
100	74-77	69-72	65-68	64-67	62-66
105		74-78	70-73	69-72	67-71
110		79-83	75-78	74-77	72-76
115		84-88	80-83	79-82	77-81
120		89-92	85-88	84-87	82-86
125			90-93	89-92	87-91
130			95-98	94-97	92-96
135					97-100
140					102-105
145					107-110
150					112-115
155					117-120
160					

Figura 2.34: Longitud de apretadura de los tornillos de alta resistencia según la Norma NBE-EN-1995

Cabe destacar que, dada la distribución de los datos en esta última tabla y las ecuaciones de búsqueda en tablas con dos variables de entrada de las que se dispone en Excel, se ha tenido que reorganizar la tabla para poder acceder a la información más fácilmente.

La tabla resultante (está incompleta, continua hacia abajo) se muestra en la imagen 2.35. Como se puede ver, se han determinado como datos de entrada la longitud de apretadura en la primera columna y el tornillo en la primera fila.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	(mm)	TR-12	TR-16	TR-20	TR-22	TR-24	TR-27			TR-12	TR-16	TR-20	TR-22	TR-24	TR-27
30		610								30					
35		1114								30					
40		1519	1014							30					
45		2024	1519							30					
50		2529	2023	1519						30	40				
55		3034	2428	2024	1923					35	40				
60		3538	2933	2529	2428	2226				35	40				
65		3943	3438	3034	2933	2731				35	40				
70		4448	3943	3539	2427	3236	2731			35	40				
75			4448	4044	2842	3741	3236			40	45	50			
80			4952	4549	4347	4246	3741			40	45	50			
85			5357	5053	4852	4750	4246			40	45	50			
90			5862	5458	5357	5155	4751			40	45	50			
95			6367	5963	5862	5660	5256			40	45	50	55		
100			6872	6468	6367	6165	5761			45	50	55	55		
105			7377	6973	6872	6670	6266			45	50	55	55		
110				7478	7377	7175	6771			45	50	55	55	60	
115				7983	7882	7680	7276			45	50	55	55	60	
120				8488	8386	8185	7780			45	55	55	55	60	60
125				8992	8791	8689	8185			50	55	60	60	60	60
130				9397	9296	9094	8690			50	55	60	60	60	60
135						9599	9195			50	55	60	60	65	70
140						100104	96100			50	55	60	65	65	70
145						105109	101105			50	60	60	65	65	70
150						110114	106110			55	60	65	65	65	70
155							111115			55	60	65	65	65	70
160							116120			55	60	65	65	70	75
165										60	65	70	70	70	75

Figura 2.35: Adaptación de la tabla de las longitudes de apretadura de los tornillos de alta resistencia para el libro de Excel

Por otra parte, en las figuras 2.36 y 2.37 se muestran la geometría y las dimensiones de las tuercas de alta resistencia.



- Figura 2.5.8 Tuerca de alta resistencia

Figura 2.36: Geometría de las tuercas de alta resistencia según la Norma NBE-EA-1995

Tuercas de alta resistencia

Tamaño nominal	Dimensiones				Peso de 1000 piezas
	Diámetro nominal (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro de roscado (mm)	Diámetro de roscado (mm)	
MR12	12	20	13	22	21
MR16	16	25	16	27	27
MR20	20	30	18	32	32
MR22	22	34	19	36	36
MR24	24	39	20	40	40
MR27	27	45	22	45	45

Figura 2.37: Dimensiones de las tuercas de alta resistencia según la Norma NBE-EA-1995

Finalmente, en las figuras 2.38 y 2.39 se muestran la geometría y las dimensiones de las arandelas de alta resistencia.

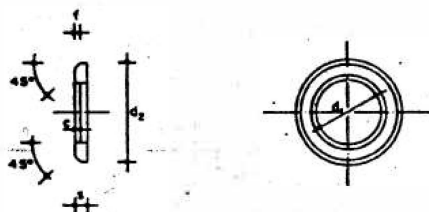


Figura 2.5.9.A Arandela normal AR

Figura 2.38: Geometría de las arandelas de alta resistencia según la Norma NBE-EA-1995

T-2.5.1.A

Epo	Otimetro		S	Profundidad del bisel		Peso Ge 1000 piezas kg
	interior	exterior		interior	exterior	
AR12	1	24	3	1.6	0.5	7113
AR 16	17	30	4	1.6	1.0	14
AR20	2	36	4	1.6	1.0	2000
AR22	23	40	●	2.0	1.0	2410
AR24	25	● ●	●	2.0	1.0	30
AR27	28	50	S	2.5	1.0	5020

Figura 2.39: Dimensiones de las arandelas de alta resistencia según la Norma NBE-EA-1995

Capítulo 3

Implementación

"Uno nunca se da cuenta de lo que ha hecho,
sólo puede ver lo que le queda por hacer."
- Marie Curie.

A lo largo de este capítulo se detalla el proceso de diseño de cada pieza (Part) y de cada conjunto (Assembly) que conforman la nave. Así como la confección de sus hojas de diseño que han sido creadas en Excel y que son las responsables de dar valores actualizados a todos los parámetros de dimensionamiento. Además, no debemos olvidar la importancia de posicionar correctamente los elementos entre sí. Para ello se deben crear hojas específicas que permitan obtener todas las dimensiones necesarias para crear patrones de repetición de piezas (Patterns) de manera precisa y ordenada.

Primero se van a definir las características generales de la nave solución concreta que se aborda. Seguidamente se irán desarrollando las partes y los conjuntos. Y finalmente se detallará la composición de las hojas de diseño dedicadas al posicionamiento de las partes.

3.1. Estructura de la nave

En este proyecto se aborda la solución propuesta por la *Guía para el Diseño Estructural en Acero de Naves Industriales Ligeras (DEANIL)*, para el caso de una nave de planta rectangular con pórticos de acero a dos aguas y soportes empotrados en sus bases. En concreto se resuelve el caso de una nave de un único pórtico simple sometida a un estado de cargas de *Tipo B*, es decir, sin puente grúa y con una sobrecarga de 80 K P/m^2 debida a la nieve y de 50 K P/m^2 debida al viento. La tabla donde se muestra la relación de naves solución de este caso es la N1.1 que se presentaba en el capítulo 1 (figura 1.5). Por otra parte, los componentes de cada nave vienen enumerados en la tabla N1.2 (figura 1.6).

Observando la segunda tabla mencionada anteriormente se podía ver que los componentes principales de este tipo de naves son:

- Pórticos
- Cierres frontales
- Correas de fachada
- Correas de cubierta

- Arriostramientos de cubierta
- Arriostramientos de fachada
- Atado en alero

Cada uno de estos componentes viene definido mediante tablas y dibujos, en el anexo 5 de la guía. Donde se pueden ver los elementos que los conforman, así como sus medidas.

Todos los componentes principales son esencialmente iguales, salvo por las medidas o por el número de repeticiones de alguno de los elementos que lo constituyen. Todos a excepción de los pórticos. En este caso, se puede observar que existen 2 casos diferenciados claramente: el pórtico de tipo A y el pórtico de tipo B. A continuación se muestran los esquemas de cada pórtico, donde se puede ver que la diferencia principal reside en las uniones del dintel. Existe una única unión atornillada (unión tipo 2) junto con dos uniones soldadas (unión de alero y unión cumbrera) en el pórtico de tipo A y dos uniones atornilladas (unión tipo 1 y unión tipo 3) en el caso de pórtico tipo B. Esta importante diferencia en la estructura de los pórticos hace que sea necesario crear dos naves solución, una para cada uno de ellos.

Por otra parte, las uniones de alero del pórtico tipo A se muestran junto con el esquema del mismo. Se puede ver que estas uniones también son estructuralmente diferentes entre sí.

- Pórtico tipo A

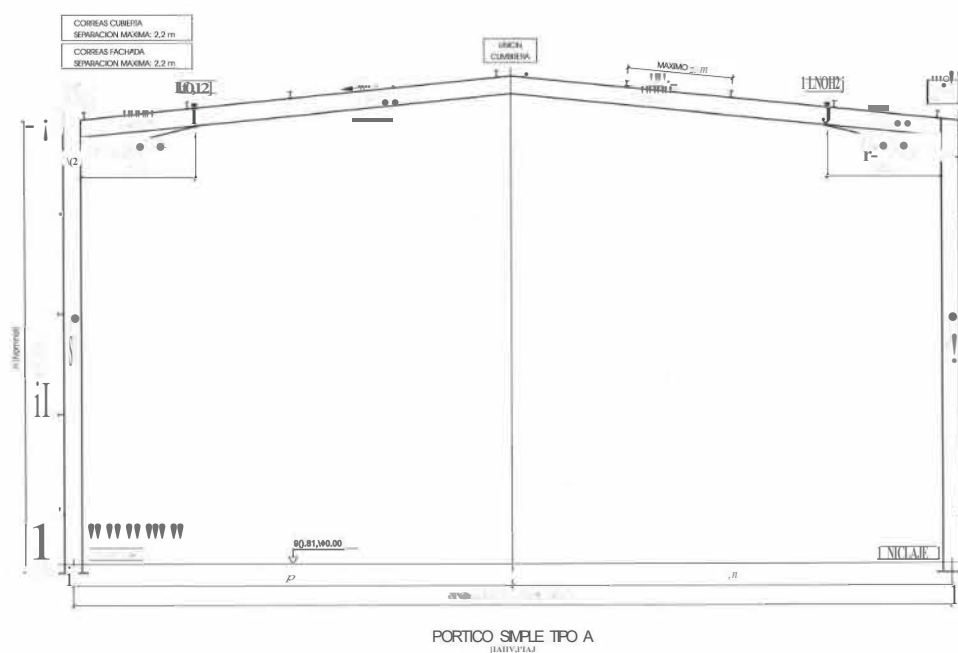


Figura 3.1: Esquema del pórtico simple de tipo A (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 147)

- Unión de Alero

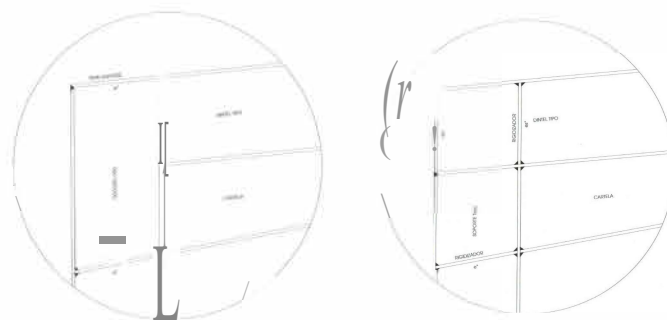


Figura 3.2: Esquema de las dos configuraciones de alero: ale-1 y ale-2. (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Páginas 274 - 275)

- Pórtico tipo B

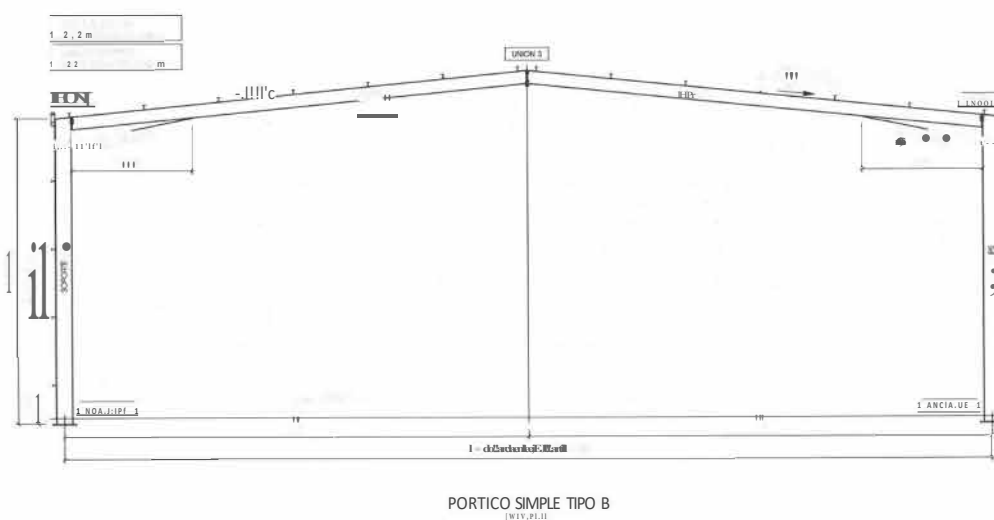


Figura 3.3: Esquema del pórtico simple de tipo B (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 152)

Estos tres pórticos son estructuralmente diferentes y es por ello que se deben conformar en diferentes Assemblies. De manera que se tienen tres naves solución para el problema.

- Nave B1.1 con pórtico tipo A con unión de alero ale 1
- Nave B1.2 con pórtico tipo A con unión de alero ale 2
- Nave B2 con pórtico tipo B

3.2. Componentes principales.

En esta sección se definirán las hojas de diseño y los Parts asociados a cada elemento que conforman cada uno de los componentes principales. Primero se hablará de los elementos definidos en el Excel principal, *Entmda Datos Nave.xls*, y seguidamente se dedicará un apartado para explicar cómo se han definido los tornillos, las tuercas y las arandelas de la nave, definidos en el Excel *Tornillos & Arandelas.xls*. Para llevar a cabo el modelado de estas partes se hace uso de las operaciones básicas que se muestran en la figura 3.4.








Símbolo	Operación	Función
	Sketch	Para generar sketch para su posterior utilización en una operación.
	Pad	Para extruir perfiles.
	Rib	Para crear un sólido barriendo un perfil a lo largo de una curva guía.
	Draft Angle	Para crear desmoldeos o inclinaciones en las caras del sólido.
	Hole	Para hacer agujeros en el sólido.
	Rectangular Pattern	Para crear matrices rectangulares que permiten repetir un sólido o una operación.
	Slot	Para restar material a un sólido mediante el barrido de un perfil siguiendo una curva guía

Figura 3.4: Lista de las operaciones de Part Design más utilizadas

Así mismo, para llevar a cabo los ensamblajes parciales de cada componente: pórticos, cierre frontal, anclajes, uniones, atado en alero, etc. Se utilizan las operaciones definidas en el cuadro 3.5, que pertenecen al entorno de *Assembly Design*.




Símbolo	Operación	Función
	Coincidence Constraint	Permite alinear elementos y obtener concentricidad, coaxialidad o coplanaridad.
	Offset Constraint	Permite definir entre dos componentes una distancia de paralelismo.
	Angle Constraint	Permite restringir el ángulo entre dos componentes y fijar perpendicularidad, paralelismo o angularidad.

Figura 3.5: Lista de las operaciones de Assembly Design más utilizadas

3.2.1. Pórtico

Como se ha explicado anteriormente existen 3 tipos de pórticos para este problema. No obstante, aunque la estructura de los mismos sea diferente, la mayoría sus componentes son esencialmente iguales. De manera que se van a definir unos componentes comunes que se ajustarán a las medidas que se requiera según el caso y que posteriormente conformarán cada una de las tres estructuras diferentes.

Soporte

Para construir este elemento se lleva a cabo un PAD, con el perfil IPE como Sketch, y posteriormente se inclina la cara superior (Drafting Angle) con el ángulo de cubierta. Cabe destacar que el soporte posee diferentes alturas según el tipo pórtico, tipo A-ale 1, tipo A-ale 2, tipo B. Además, la altura de Para determinar la altura es necesario detenerse en las uniones de alero de cada uno (ver imagen 3.2). Además, es necesario tener en cuenta el espesor de la placa de anclaje para deducirla de la altura de alero total y obtener la del soporte.

Por tanto para cada uno de los casos la altura correspondiente sería:

- Pórtico Tipo A con unión alero ale-1:

$$Alturasoporte = Alturaalero - EspesorzacadeAnclaje - Espesorrpadelsoporte)proyectada$$

- Pórtico Tipo A con unión alero ale-2:

$$Alturasoporte = Alturaalero - EspesorzacadeAnclaje - Cantovintel)proyectado$$

- Pórtico Tipo B:

$$Alturasoporte = Alturaalero - EspesorzacadeAnclaje - Espesorrpadelsoporte)proyectada$$

Para proyectar las dimensiones se tiene que tener en cuenta el ángulo de cubierta. A continuación, se muestra la hoja de Excel que reúne los valores del soporte (figura 3.6). Obsérvese cómo, para el caso de pórtico de tipo A con unión alero ale-1, las celdas se interrelacionan entre sí dando forma a la ecuación de la altura del soporte, para el resto de casos se han llevado a cabo relaciones completamente análogas.

DECIMAL ✕ ✓ fx =\$A\$6-\$D\$5-\$E\$5/COS(RADIANS(G2))									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Altura Soporte (mm)	Angulo Cubierta (deg)		
2	450	190	14,6	9,4	21	5694,925187	5,710593137		
3									
4				Espesor Anclaje	Espesor Tapa Soporte	Canto Dintel	Altura		
5	Altura de Alero	Caso Pórtico A un-ale1		35	15		= \$A\$6-\$D\$5-\$E\$5/COS(RADIANS(G2))		
6	5750	Caso Pórtico A un-ale2		35		360	5353,204478		
7		Caso Pórtico B		40	15		5694,925187		

Figura 3.6: Hoja de diseño del soporte del pórtico

Por otra parte, para fijar cuál de las 3 alturas de soporte posible debe aparecer en la celda F2, y por tanto ser cargada para la parametrización de la parte, es necesario crear un bucle "IF" de selección.

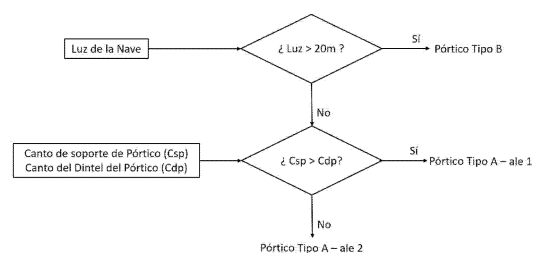


Figura 3.7: Algoritmo de selección del pórtico de la nave

Para modelar el soporte, lo primero que se hace es un Pad con el perfil IPE como Sketch principal (ver figura 3.8) y la altura que se ha indicado en la hoja de diseño. A continuación se añade material, creando la inclinación de la cara superior mediante un *Draft Angle*. La pieza resultante se muestra en la figura 3.9.

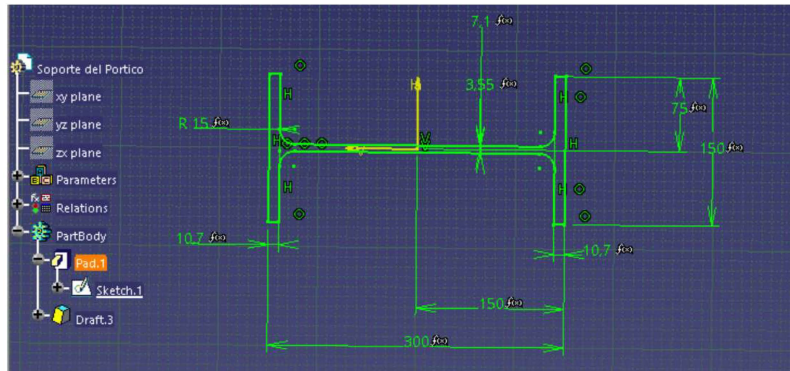


Figura 3.8: Representación 3D del soporte del pórtico en Catia

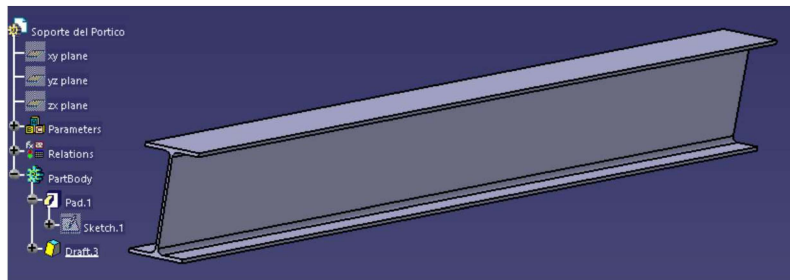


Figura 3.9: Representación 3D del soporte del pórtico en Catia

Dintel

Cabe destacar que, por una parte, los pórticos de tipo A presentan un dintel fraccionado en dos secciones, separadas por la unión de tipo 2, mientras que los de tipo B presentan un único dintel enterizo. Además, estos elementos son diferentes, no sólo en medida (como pasaba con el soporte), sino en forma. Ya que en el primer caso la sección del dintel necesaria para introducir la unión 2 lo corta de manera perpendicular al eje (ver figura 3.10); mientras que en el segundo caso ambas caras forman un ángulo igual al de cubierta con el eje.

Por tanto, se han creado archivos CAD diferentes para cada caso, que se llaman sección interior, sección exterior y enterizo. Además, las medidas de cada elemento varían en función de la unión del alero.

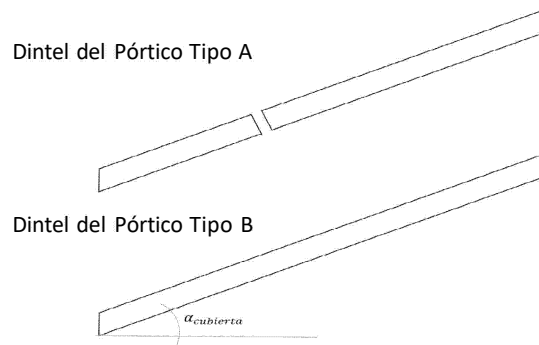


Figura 3.10: Esquema del dintel para cada pórtico

Por otra parte, dada la fabricación típica de perfiles IPE, se toma perfil siempre perpendicular al eje de la barra. Se decide que, por simplicidad, se va a hacer primero un Rib con el Sketch del IPE como perfil principal y el eje de la barra como curva guía, manteniendo la perpendicularidad entre ambos elementos. Posteriormente se inclinan las caras que sean necesarios según el elemento (Drafting Angle), es decir, sólo una de las caras en cada parte del dintel del pórtico tipo A y ambas en el dintel del pórtico de tipo B.

Para determinar las longitudes del eje de cada elemento se hace uso del ángulo de cubierta y la distancia horizontal del dintel. Esta longitud se determina en la hoja de diseño (figura 3.11) sustrayendo las cantidades oportunas a la luz media de la nave.

- Pórtico Tipo A - ale 1:

Longitud total:

$$Longitud_{horizontal} = \frac{Luz_{portico}}{2} - Cant_{0Soporte} - 2 \times E_{\text{espesor union Tipo2}}_{proyectada} - \frac{E_{\text{espesor un-cu,n}}}{2}$$

Longitud sección Exterior:

$$Longitud_{horizontal} SeccionExterior = 0.13 \times L$$

Longitud sección Interior:

$$Longitud_{horizontal} SeccionInterior = Longitud_{horizontal} - Longitud_{horizontal} SeccionExterior$$

- Pórtico Tipo A - ale 2:

Longitud total:

$$Longitud_{horizontal} = \frac{Luz_{portico}}{2} - E_{\text{espesor rapa Dintel}} - 2 \times E_{\text{espesor union Tipo2}}_{proyectada} - \frac{E_{\text{espesor un-cu,n}}}{2}$$

Longitud sección Exterior:

$$\text{Longitudhorizontal)SeccionExterior} = 0.13 \times L$$

Longitud sección Interior:

$$\text{Longitudhorizontal)SeccionInterior} = \text{Longitudhorizontal} - \text{Longitudhorizontal)SeccionExterior}$$

- Pórtico Tipo B:

Longitud total:

$$\text{Longitudhorizontal} = \frac{L_{\text{puerto}}}{2} - E_{\text{spesorunionTipol}} - E_{\text{spesorunionTipo3}}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	canto(mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Long. Htal. Dintel Ext. (mm)	Long. Htal. Dintel Int. (mm)	Long. Htal. Total Dintel (mm)	Angulo Cubierta (deg)	
2	330	160	11,5	7,5	18	10758	0	10758	5,710593137	
3										
4	ale-1	ale-2								
5										
6	Caso Pórtico Aale1	270	15	20	15	10532,69851	2925	8007,698512		
7	Caso Pórtico Aale2	270	15	20	15	11187,69851	3180	8007,698512		
8	Caso Pórtico B	450	22	20	20	10758	10758	0		
9	El dintel del Tipo A está dMido en 2, el tipo B no									
10										
11										

Figura 3.11: Hoja de diseño del dintel del pórtico

Cabe destacar que para seleccionar las medidas que se incluirán en las casillas F2 y G2 se utiliza el segundo IF del diagrama de flujo del pórtico (figura 3.7).

Para el modelado de estas piezas, se han seguido procesos análogos. Por ejemplo, en el caso de la sección interior de dintel se ha creado un Rib, de manera que el perfil IPE sea siempre perpendicular a la curva generatriz y posteriormente se ha inclinado la cara correspondiente. El resultado se puede ver en la figura 3.12.

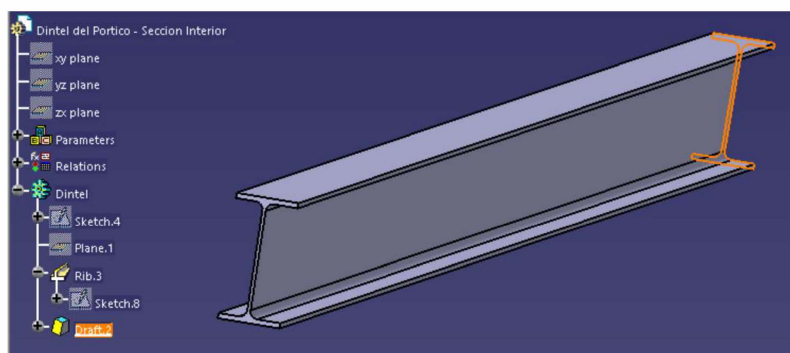


Figura 3.12: Representación 3D del dintel interior del pórtico en Catia

Cartela

Para modelar la cartela (figura 3.18) se parte de un perfil IPE del mismo valor del dintel y posteriormente se secciona. Además, para definir las secciones que se deben llevar a cabo h_a y que fijarse primero en la proyección de la cartela, ver figura 3.13.

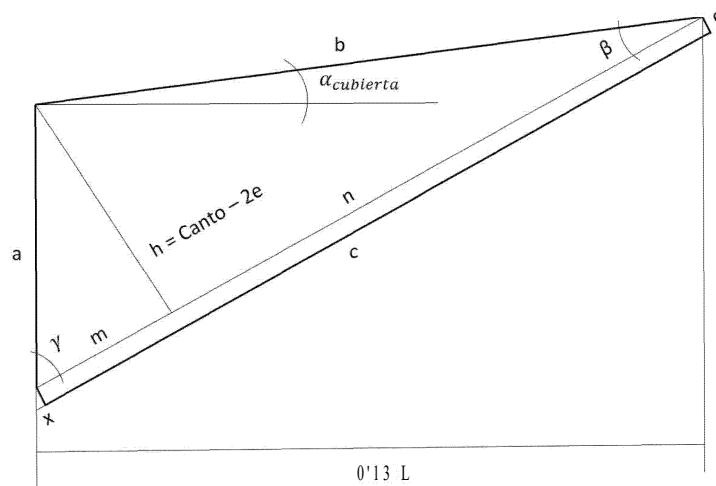


Figura 3.13: Esquema de la geometría de la cartela del pórtico

$$\cos(\alpha_{\text{cubierta}}) = \frac{0'13L}{b} \Rightarrow b = \frac{0'13L}{\cos(\alpha_{\text{cubierta}})}$$

$$f3 = \arcsen(\%)$$

$$\gamma = 90 - \alpha_{\text{cubierta}} - \beta$$

$$a = \frac{h}{\sin(\gamma)}$$

$$e = m + n = \frac{h}{\tan(\gamma)} + \frac{h}{\tan(\beta)} = h \left(\frac{1}{\tan(\gamma)} + \frac{1}{\tan(\beta)} \right)$$

$$x = e \cdot \tan(\gamma)$$

$$\text{longitud} = e + x = h \left(\frac{1}{\tan(\gamma)} + \frac{1}{\tan(\beta)} \right) + \frac{h}{\tan(\gamma)}$$

Una vez que se tiene definida la geometría de la cartela, se toma el ángulo γ como el parámetro principal para dimensionar los cortes (Rib) que se llevan a cabo sobre la pieza de CAD. En concreto se realizarán 3 cortes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Ángulo de Cubierta (deg)	Luz (mm)	Longitud de la Cartela base (mm)	Gamma (deg)
2	330	160	11,5	7,5	18	5,710593137	22500	2989,502519	78,29471176
3									

Figura 3.14: Hoja de diseño de la cartela del pórtico

Para definir el Sketch del primer corte se hacen coincidir los catetos del triángulo con las caras del IPE base y para definir la hipotenusa se hace uso del ángulo γ . Obsérvese que, con el fin de seccionar el ala superior de la cartela, la sección no es exactamente un triángulo. Por otra parte, la curva guía es el propio canto de la cartela.

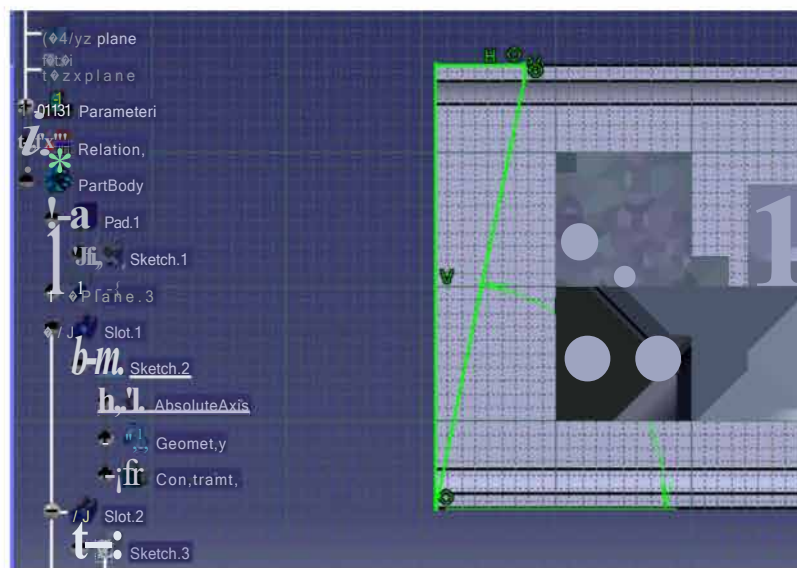


Figura 3.15: Sketch de la primera sección de corte de la cartela

La segunda sección se realiza de manera análoga y nuevamente no es exactamente un triángulo, para cortar completamente el ala superior.

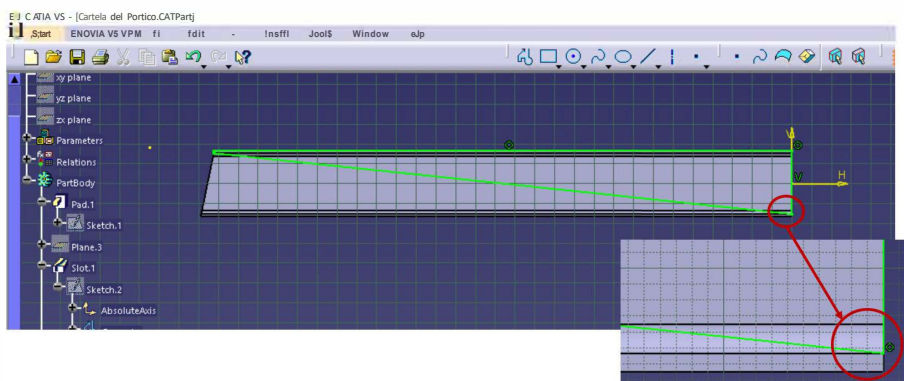


Figura 3.16: Sketch de la segunda sección de corte de la cartela

Finalmente se realiza un pequeño corte en el ala del perfil para que ésta sea perpendicular a lado b de la cartela (figura 3.17). Siendo el sólido resultante el que aparece en la figura 3.18.

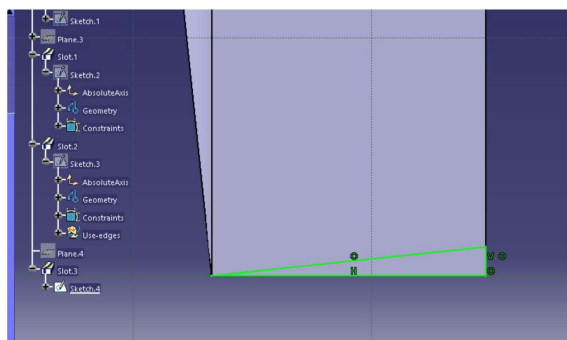


Figura 3.17: Sketch de la tercera sección de corte de la cartela

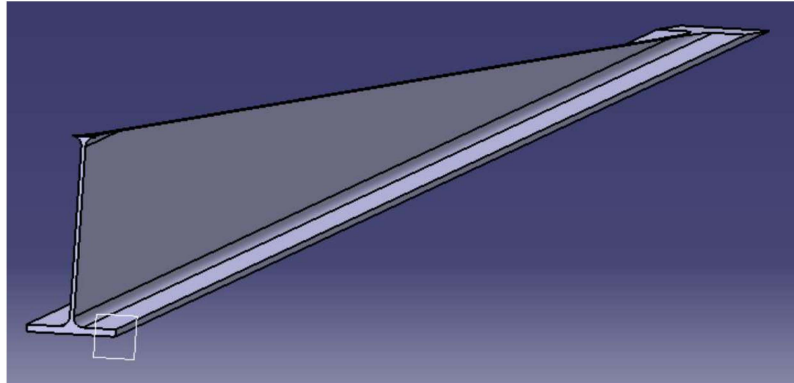


Figura 3.18: Representación 3D de la cartela en Catia

Anclaje del pórtico

El anclaje está conformado por varias piezas de CAD: placa de anclaje, pernos, arandelas y tuercas. Todos los parámetros necesarios para cada una de las piezas aparecen en la décima hoja de diseño, a excepción de los datos de las tuercas que se almacenan en el Excel dedicado a la tornillería. A continuación, se muestra la hoja del libro de Excel (figura 3.19). Obsérvese que se han delimitado con una línea vertical los parámetros de cada pieza. Primero aparecen los de la placa, luego los de la arandela cuadrada y finalmente los del perno.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	(mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Numero de Taladros por lado	Diametro Central (mm)	Lado (mm)	Espesor (mm)	Diam Perno (mm)	Long Perno (mm)
2	710	320	40	60	32	50	3	100	80	15	30	1758
3												
4	Pernos:	M30x1000								Arandela		
5												

Figura 3.19: Hoja de diseño del anclaje del pórtico

Por una parte, la arandela y el perno son elementos muy sencillos en Catia, ya que para hacerlos no hay más que llevar a cabo un Pad cuadrado y otro cilíndrico, respectivamente. Y hacer un taladro en el caso de la arandela. En la figura 3.20 se muestra el resultado final.

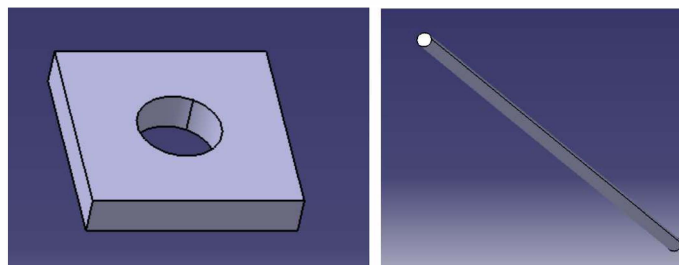


Figura 3.20: Representación 3D de la arandela y el perno del anclaje del pórtico en Catia

Por otra parte, la placa taladrada de anclaje es algo más compleja y se deben tener ciertas consideraciones a la hora de modelarla. Para su diseño se lleva a cabo una extrusión y posteriormente se realizan el taladro central y el primer taladro para el perno (ver figura 3.21). A continuación, se crea un patrón (Pattern), de manera que se repite esta operación las veces que sea necesario. Como se podía ver en la figura 2.4, el número de taladros varía según la referencia del anclaje (desde 4 hasta 8 taladros). Por tanto, el número de repeticiones por lado (desde 2 hasta 4) es un parámetro de diseño para esta pieza, presente en la celda G2 de la hoja.

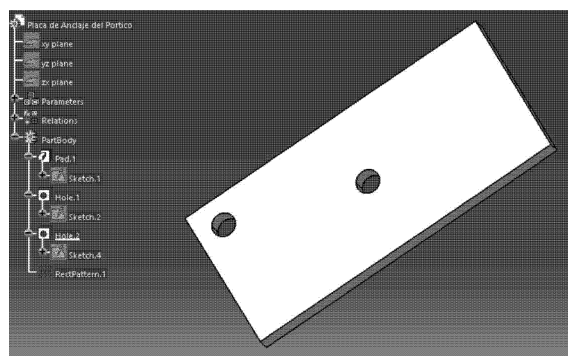


Figura 3.21: Placa del anclaje con el taladro central y el primer taladro del patrón

Catia nos ofrece varias opciones para realizar el Pattern: cuadrado, circular y de usuario. Dada la geometría que se quiere realizar, se toma el patrón cuadrado para repetir la operación de taladrado en la placa. Una vez que se ha seleccionado se vinculan los parámetros mediante la opción *Edit formula* (ver figura 3.22), tal y como se explicaba en el capítulo 1. Así pues el número de taladros de la placa variará automáticamente conforme la referencia del anclaje cambie. Es importante asegurarse de que las direcciones de repetición de los taladros están correctamente orientadas.

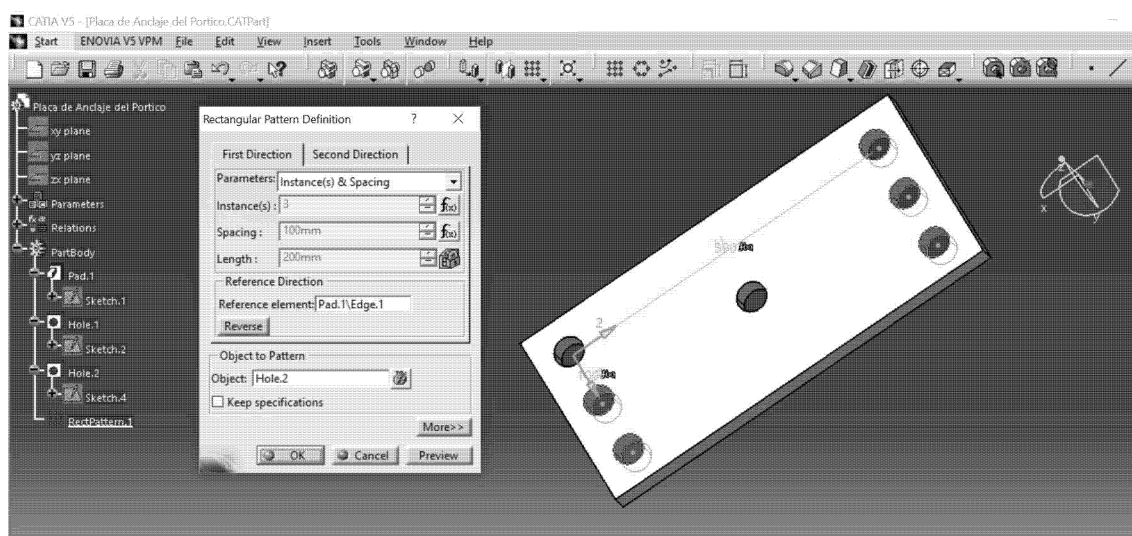


Figura 3.22: Representación 3D de la placa del anclaje del pórtico en Catia

Por último, una vez que se tienen definidos todos los componentes, se pasa a montar el anclaje. Para ello se crea un Assembly en el que se cargan las piezas principales, es decir la placa, dos tuercas, dos arandelas y un perno.

Acto seguido se crean las restricciones entre cada uno de los componentes y la placa. Es de vital importancia que todas las restricciones se hagan en relación a esta última para un correcto ensamblaje. A continuación, se muestran las restricciones necesarias para vincular los elementos a la placa.

Componente	Restricciones
Arandela superior	Contacto con la cara superior de la placa Eje concéntrico con el taladro Plano paralelo con el lado de la placa
Arandela inferior	Contacto con la cara superior de la placa Eje concéntrico con el taladro Plano paralelo con el lado de la placa
Tuerca superior	Distancia fija entre la placa y la tuerca Eje concéntrico con el taladro
Tuerca inferior	Distancia fija entre la placa y la tuerca Eje concéntrico con el taladro
Perno	Distancia fija entre extremo superior del perno y la placa Eje concéntrico con el taladro

Tabla 3.1: Lista de restricciones de posicionamiento de las piezas del anclaje entre sí

Como se puede ver, son necesarias 12 restricciones para fijar de manera unívoca las partes. Tres para cada arandela y sólo dos para el perno y las tuercas, lo que implica que, en estos casos, se deja permitido el giro en torno al eje.

Para fijar las distancias entre la placa y los elementos debemos considerar el caso más restrictivo en el que la arandela y la tuerca sean más gruesas. En la figura 2.4 se ve que el espesor máximo de la arandela es de 15mm y la tuerca es como mucho una M-36, a la que le corresponde 29mm de espesor (ver figura 2.31). Por tanto se fija la distancia ente la tuerca y la placa a 15mm y entre el extremo del perno y la placa a 45mm (sobresaliendo como mínimo 1mm). De manera que el conjunto queda:

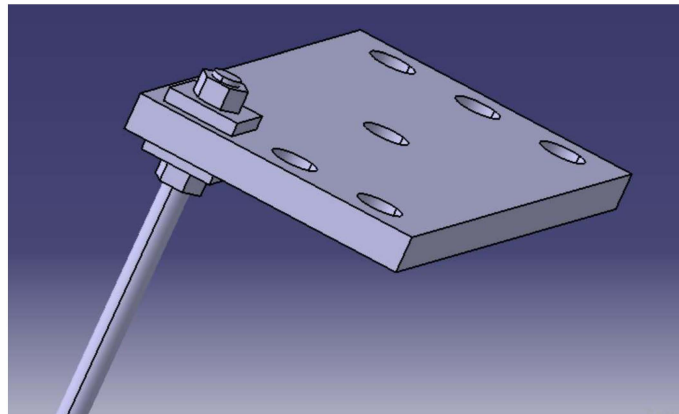


Figura 3.23: Placa del anclaje del pórtico vinculada con las primeras piezas del conjunto

Para introducir el resto de componentes se hace uso de la herramienta *ReusePattern*, que está disponible en la pestaña *Insert*. Una vez abierta la herramienta se selecciona el componente a repetir y el Pattern al que está asociado, tal y como se muestra en el ejemplo de la figura 3.22. Aquí se está repitiendo la arandela según el Pattern del taladro de la placa. En esta figura también se puede ver que se han seleccionado las opciones *Generated Constraints* y *Put new instances in a flexible component*, de manera que las tres restricciones que posicionan la arandela se generarán también para las nuevas arandelas y éstas se almacenarán todas juntas en un elemento desplegable (ver figura 3.25).

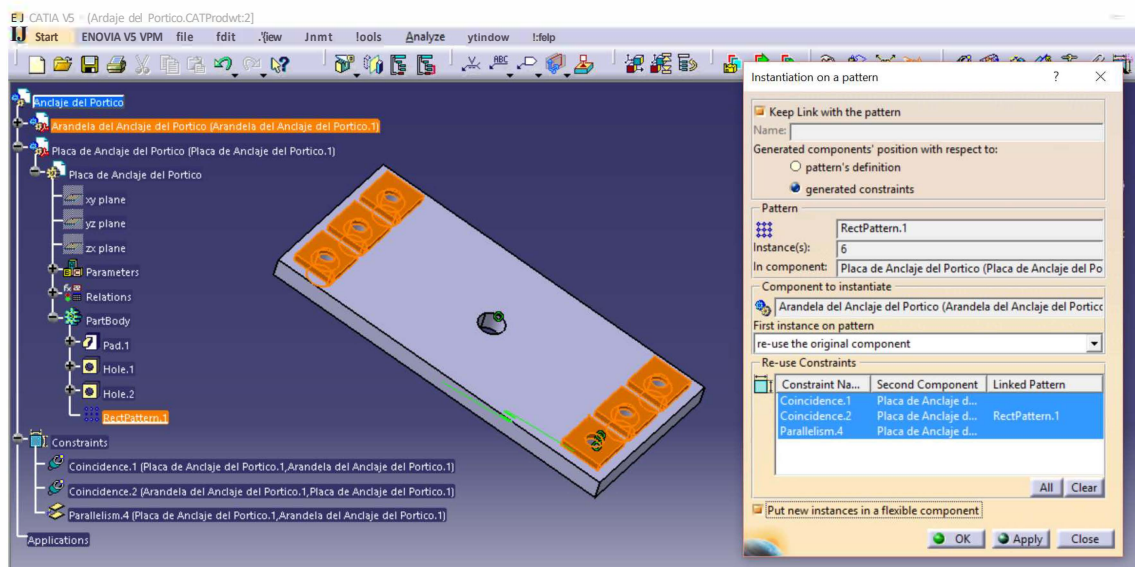


Figura 3.24: Desplegable de la herramienta Reuse Pattern

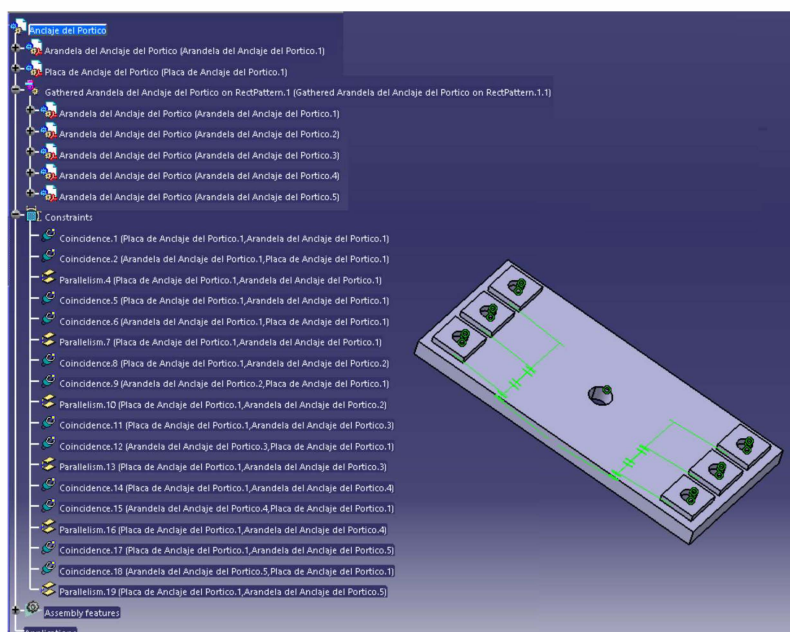


Figura 3.25: Lista de las restricciones generadas con la herramienta Reuse Pattern

Finalmente, una vez que se ha repetido el proceso con cada una de las piezas el anclaje resultante es el que se muestra en la imagen 3.26.

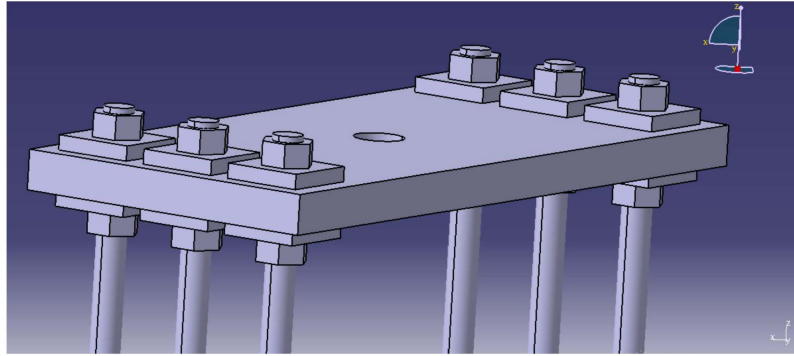


Figura 3.26: Representación 3D del anclaje del pórtico en Catia

Unión tipo 1

En esta ocasión el proceso de diseño es prácticamente igual al anterior. Primero se modelan las tuercas, los tornillos y las arandelas necesarias, según se explica más adelante en el apartado dedicado a la tornillería, y después se define la placa de la unión. A la hora de definir esta parte, lo primero que salta a la vista es que la distribución de taladros varía no sólo en número sino en forma, tal y como se muestra en la figura 3.27. Para plasmar esta variación, lo primero que se decidió fue utilizar un patrón de usuario (User Pattern). En este patrón, K sería la variable principal, responsable de posicionar el taladro extra (no olvidar que hemos renombrado las variables J y K en el capítulo 2). De manera que K valdría:

- $K = 0$ para la primera configuración posible.
- $K = A - H - F - 2G$ para la segunda configuración posible.
- $K = K$ para la tercera configuración posible.

Sin embargo, una vez que se llevó a cabo este modelado y se pasó a posicionar las tuercas y el resto de elementos con la herramienta *ReusePattern* se experimentaron diversos problemas. Entre ellos duplicidad y mal borrado de piezas. La duplicidad se debía a que, según este método, a veces hay dos puntos sobre un único espacio (caso $K=0$) y en consecuencia se insertan dos piezas para el mismo taladro. Además, al disminuir el número de taladros de la placa, Catia no eliminaba correctamente las piezas sobrantes, quedando éstas en el entorno de trabajo.

De manera que se decidió tomar un camino alternativo que implicara la utilización de patrones cuadrados que, como ya se había visto en la placa 1, funcionan correctamente. Lo que se ha hecho es definir dos patrones en lugar de uno sólo, como se muestra en la imagen 3.27.

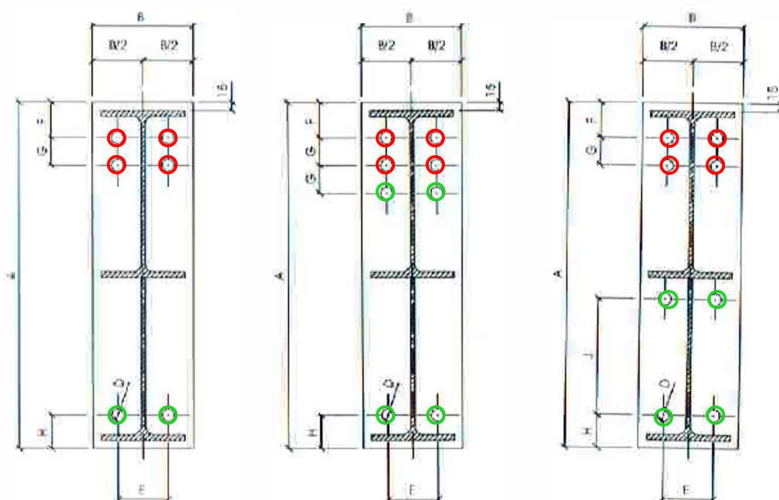


Figura 3.27: Selección de los patrones para la placa de la unión tipo 1 del pórtico

De esta forma se separan los primeros taladros que aparecen en todas las configuraciones (patrón rojo), del resto (patrón verde). Este último patrón se define mediante en número de repeticiones en la dirección longitudinal de la placa (1 o 2) y la distancia entre repeticiones. En el Excel se determina que existirá una única fila de taladros si el número total es de 6, y dos filas si h_a y 8 taladros en total. La distancia de repetición se corresponde con la K que definíamos anteriormente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	I (mm)	J (mm)	Num. Taladros Pattern 1	Distancia del Pattern 1 (mm)		
2	685	190	20	22	95	65	50	61	50	50	1	O		
3														
4	Tomillos: 6 TR-20													
5	Sólo para Pórticos del TIPO B (Luz mayor de 20m)													
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														

Figura 3.28: Hoja de diseño de la unión tipo 1 del pórtico

Una vez que se tiene definida la placa se crea el ensamblaje de la unión. Para ello se insertan en un Product: la plana, 2 tornillos, 2 tuercas y 4 arandelas. Y se crean todas las restricciones entre los elementos y cada patrón de la placa.

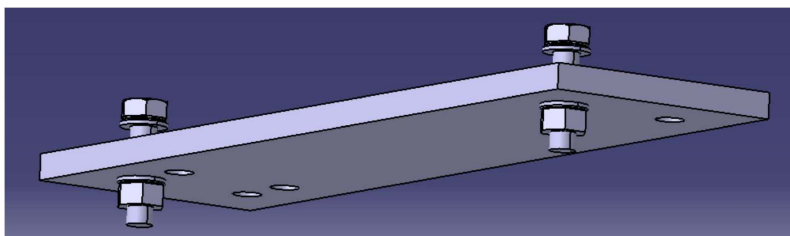


Figura 3.29: Placa de la unión tipo 1 vinculada con las primeras piezas del conjunto

Cabe destacar, que en esta ocasión para fijar las distancias entre la placa y una de las arandelas, la tuerca y el tornillo, hay que fijarse no sólo en el espesor máximo de la arandela sino en el del

ala del soporte, ya que esta unión está sujeta al soporte del pórtico. En el anexo A (tabla 5.10) se puede ver que el soporte más grande para la nave tipo B es IPE-600, al que le corresponde un espesor de ala de 19mm (figura 2.2). Por tanto, la distancia entre la tuerca y la placa vuelve a ser de 5mm, la distancia entre la arandela y la placa es de 19mm y la distancia entre el tornillo y la placa se fija a 24mm.

Finalmente se vuelve a insertar el resto de piezas mediante *ReusePattern*, sin olvidar marcar las opciones *Generated Constraints* y *Put new instances in a flexible component*. De manera que la unión tipo 1 completa queda:

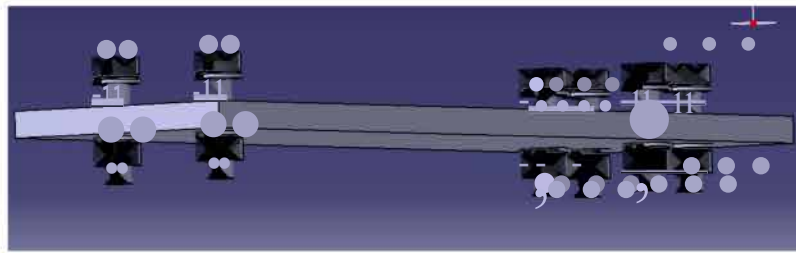


Figura 3.30: Representación 3D de la unión tipo 1 del pórtico en Catia

Unión tipo 2

Al igual que el caso anterior las dimensiones de la placa de esta unión se almacenan en el libro de Excel principal, y las de los tornillos y demás en el libro secundario. En concreto, las medidas de la placa de la unión tipo 2 se vinculan a través de la doceava hoja de del libro Excel, que se muestra en la figura 3.31.

	A	BCD		E	F	G	H	1	
1	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	J (mm)
2	455	200	20	22	110	80	25	113	83
3									
4	Tomillos:	6 TR-20							
5		Sólo para Pórticos del TIPO A (Luz menor de 20m)							
6									

Figura 3.31: Hoja de diseño de la unión tipo 2 del pórtico

La principal diferencia de esta unión con la anterior es que el número y la distribución de los taladros no varía. Por tanto, en esta ocasión, se decide tomar un patrón de usuario para definir la repetición de los agujeros, ya que no se tendrán los problemas que aparecían en la placa 1 a la hora de insertar las partes con *ReusePattern* (ver figura 3.32). Como se puede ver en la figura, al lado de cada cota aparece el símbolo de función $f(x)$, esto se debe a que cada una de estas dimensiones está vinculada con los parámetros que aparecen en el árbol (A, B, C, etc.) mediante una fórmula que se ha creado con la opción *Edit Formula*.

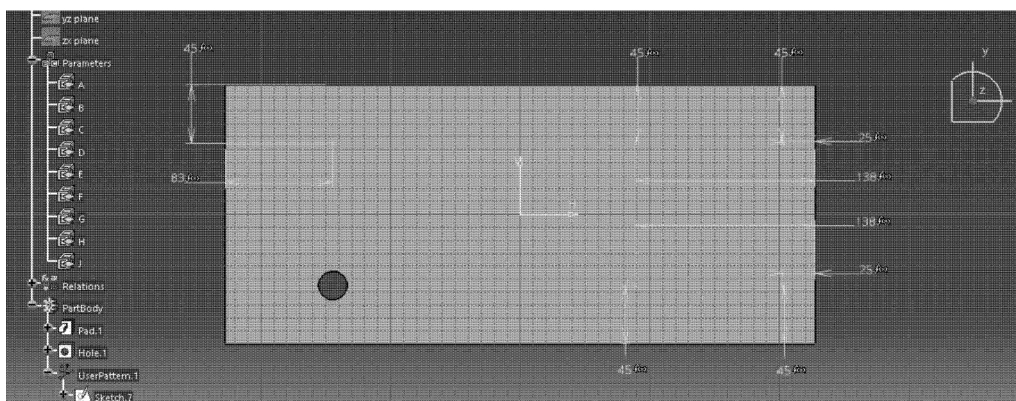


Figura 3.32: Patrón de usuario para los taladros de la unión tipo 2 del pórtico

Una vez que se tienen todos los taladros de la placa se procede al ensamblaje de la unión. Para ello, lo primero que se hace es determinar las restricciones (*Constraints*) y luego insertar el resto de piezas con *ReusePattern*.

En esta ocasión, al tener dos placas, unas restricciones se fijan respecto a una placa y otras respecto a la otra placa. De manera que el tornillo y la arandela superior se vinculan con la placa superior y la tuerca y la otra arandela con la placa inferior. Hacemos esto así para que las arandelas siempre estén en contacto con las placas, en lugar de tener que fijar una distancia. Es decir, que las restricciones que se fijan se muestran en la tabla 3.2, donde para fijar las distancias se ha tenido en cuenta que el espesor máximo posible de arandela es de 5mm.

Componentes		Restricciones
Placa superior	Arandela superior	Contacto Eje concéntrico
	Tornillo	Distancia fija Eje concéntrico
Placa inferior	Arandela inferior	Contacto Eje concéntrico
	Tuerca	Distancia fija Eje concéntrico

Tabla 3.2: Lista de restricciones de posicionamiento de las piezas de la unión tipo 1

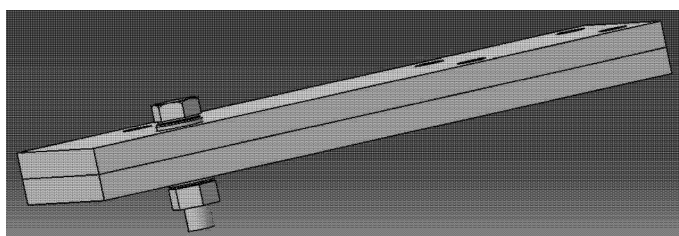


Figura 3.33: Placa de la unión tipo 2 del pórtico vinculada con las primeras piezas del conjunto

Finalmente, tras insertar el resto de componentes, la unión tipo 2 completa queda como se muestra en la figura 3.34.

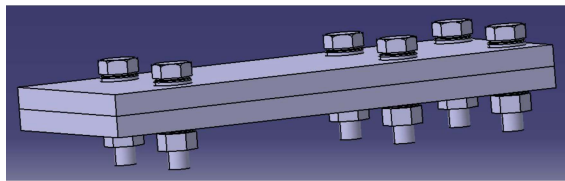


Figura 3.34: Representación 3D de la unión tipo 2 del pórtico en Catia

Unión tipo 3

La unión tipo 3 es completamente análoga a la 2. De nuevo el número y la distribución de los taladros no varía y se utiliza un patrón de usuario para reproducirlo. Igualmente, los elementos se restringen cuidadosamente respecto a las dos placas (el espesor máximo de la arandela vuelve a ser de 5mm) y el resultado final es el que se muestra en la figura 3.35.

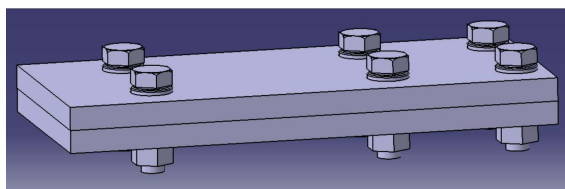


Figura 3.35: Representación 3D de la unión tipo 3 del pórtico en Catia

Por otra parte, a continuación se muestra la hoja de Excel de la unión tipo 3 (hoja décimo tercera del libro) por si se quiere consultarla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	LA (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	J (mm)
2	425	190	20	22	100	80	25	112	82
3									
	6 TR-20								
	Sólo para Pórticos del TIPO B (Luz mayor de 20m)								

Figura 3.36: Hoja de diseño de la unión tipo 3 del pórtico

Unión Cumbreira

La unión de la cumbreira no es más que una simple placa rectangular. Las dimensiones de la misma son tales que sobresale un espesor e a lo largo de todo el contorno del dintel. De manera que las dimensiones necesarias para parametrizar la pieza son las que se muestran en la figura 3.37, donde se muestra la hoja de diseño correspondiente.

	A	8	C	D
1	Canto Dintel (mm)	Ala Dintel (mm)	e (mm)	Angulo Cubierta (deg)
2	240	120	10	5,710593137
3				
4	Sólo para Pórticos del TIPO A (Luz menor de 20m)			
5				

Figura 3.37: Hoja de diseño de la unión cumbreira del pórtico

Para generar esta pieza se hace un Pad con el mismo espesor e, cuyo Sketch se muestra en la imagen 3.38.

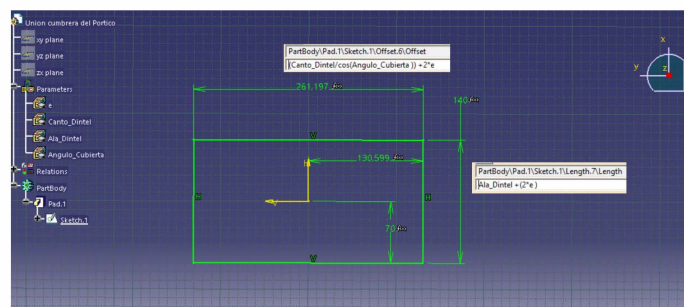


Figura 3.38: Sketch del Pad de modelado de la unión cumbra del pórtico

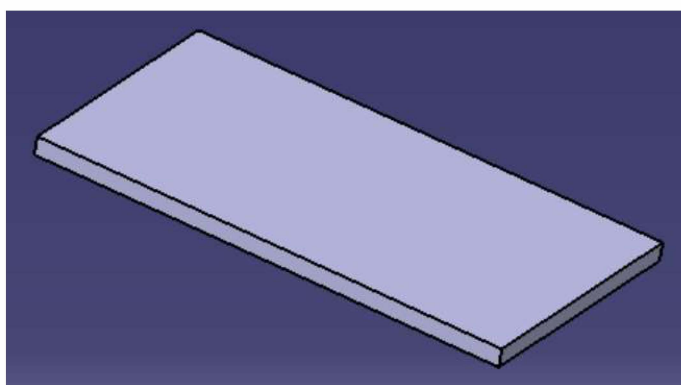


Figura 3.39: Representación 3d de la unión cumbra del pórtico

Unión Alero

La unión de alero tiene dos configuraciones posibles: ale-1 y ale-2. En la imagen 3.40 se pueden ver las estructuras de ambas. Aunque la distribución de los elementos que conforman la unión varía, estos son comunes a ambas configuraciones. Estos elementos son: tapa y rigidizador del soporte (marcados en rojo) y tapa y rigidizador del dintel (marcados en verde).

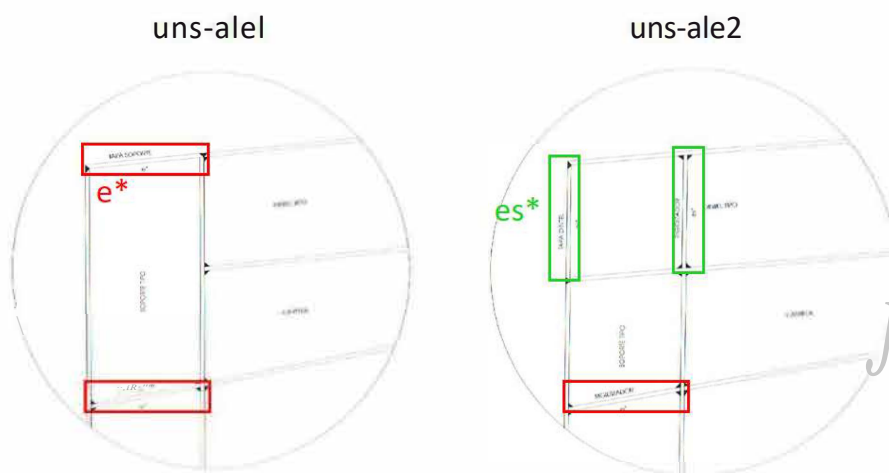


Figura 3.40: DEANIL Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Páginas 274-275

Cabe destacar que, aunque la unión de alero es propia del pórtico de tipo A, también aparecen

tapas y rigidizadores de soporte en la unión tipo 1 del pórtico de tipo B (ver figuras 2.5, 2.6 y 2.7). Se ha decidido utilizar unas mismas piezas comunes para ambos pórticos. Obsérvese además que en la unión tipo 1 aparece un rigidizador triangular extra que también debe modelarse.

Se decide crear una única hoja de diseño para estos cinco elementos (ver figura 3.41). En el caso de la tapa y el rigidizador del soporte, para diferenciar si las medidas se corresponden con el pórtico A o el pórtico B, los datos de los soportes son filtrados según la luz (Si la luz $\geq 20\text{m}$ = Tipo B, sino Tipo A).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Canto Soporte (mm)	Ala Soporte (mm)	Espesor Ala Soporte (mm)	Espesor Alma Soporte (mm)	Radio Soporte (mm)	Ángulo de cubierta (deg)	Ángulo de Cartela (deg)	e* (mm)	e triangular (mm)
2	450	190	14,6	9,4	21	5,710593137	11,70528824	15	20
3	Aunque es propiamente sólo Pórticos del TIPO A (Luz menor de 20m) el portico B también presenta Tapa y Rigidizador del Soporte, y por tanto esta hoja se usará para ambos casos. De manera que hay que condicionar la entrada de datos								
4									
5									
6									
7		J	K	L	M	N	O		
8		Canto Dintel (mm)	Ala Dintel (mm)	Espesor Ala Dintel (mm)	Espesor Alma Dintel (mm)	Radio Dintel (mm)	es* (mm)		
9		360	170	12,7	8	18	15		

Figura 3.41: Hoja de diseño de la unión de alero del pórtico

Los espesores de los elementos, definidos perpendicularmente al plano del elemento, se muestran en las tablas extraídas de la guía 3.3 y 3.4.

e* Espesor Tapa y Rigidizador del Soporte	
Dintel	e* (mm)
Hasta IPE 240	10
De IPE 270 a IPE 450	15
De IPE 500 a IPE 600	20

Tabla 3.3: Tabla de los espesores de la tapa y el rigidizador del soporte de pórtico

es* Espesor Tapa y Rigidizador del Dintel	
Soporte	es* (mm)
Hasta IPE 240	10
De IPE 270 a IPE 450	15
De IPE 500 a IPE 600	20
IPE O 600 y IPE 750x 137	25

Tabla 3.4: Tabla de los espesores de la tapa y el rigidizador del dintel de pórtico

A continuación pasamos a detallar la geometría y el modelado de cada uno de los elementos.

- Tapa del soporte

Para generar la tapa se realiza un *Rib*. El perfil principal es el que se muestra en la imagen 3.42. Obsérvese que, puesto que el espesor está definido perpendicularmente al plano, se debe proyectar para obtener la altura del Sketch (ver la fórmula en la imagen).

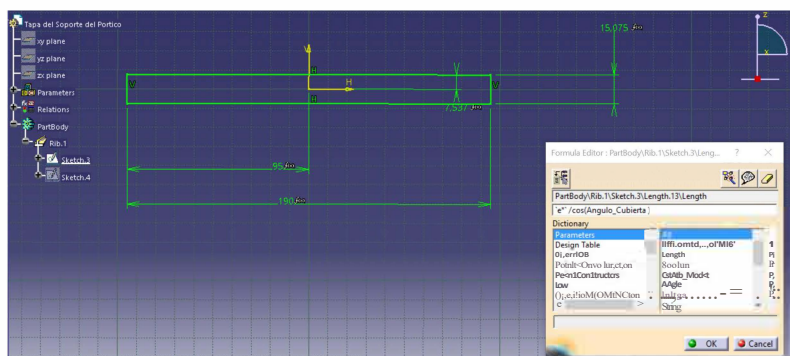


Figura 3.42: Sketch de modelado de la tapa del soporte del pórtico

Por otra parte, la curva generatriz del *Rib* se determina con el ángulo de cubierta y el canto del soporte (ver imagen 3.43).

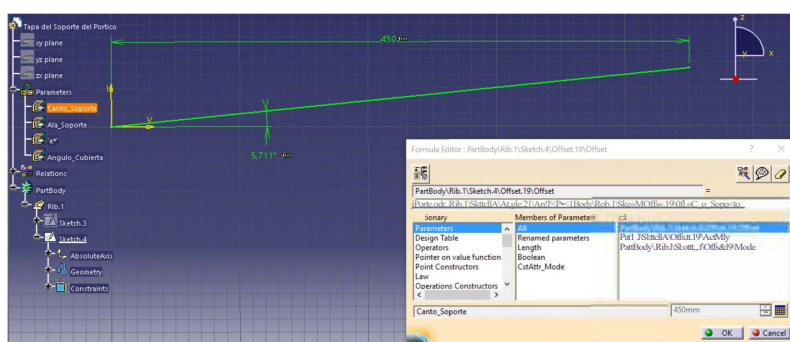


Figura 3.43: Curva generatriz del Rib de modelado de la tapa del soporte del pórtico

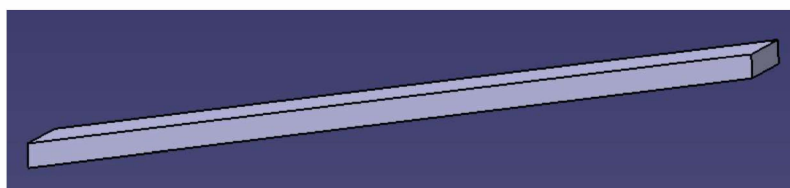


Figura 3.44: Representación 3D de la tapa del soporte del dintel en Catia

- Tapa del dintel

En esta ocasión, se opta por desarrollar la pieza mediante un Pad al que posteriormente se le inclinan dos de sus caras. Se ha tomado esta decisión para no tener que proyectar también el espesor de la tapa, aunque se podía haber hecho de forma análoga al anterior con un llib. A continuación, se muestra el Sketch principal del Pad, y la longitud que se le da al mismo.

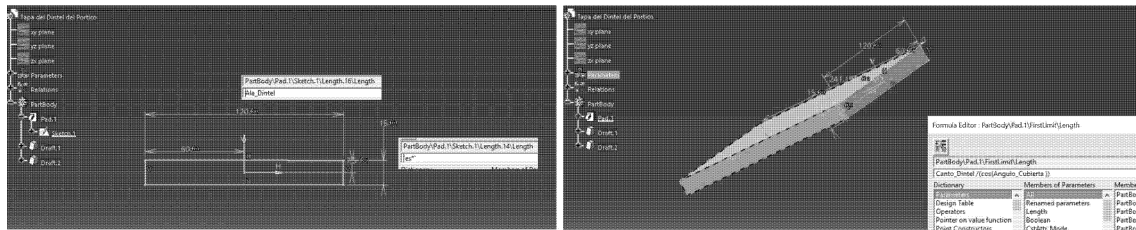


Figura 3.45: Modelado de la tapa del dintel del pórtico

Posteriormente se realizan las inclinaciones de los lados, con un ángulo igual al de la pendiente de cubierta, para que la tapa se ajuste a la geometría del dintel.

- Rigidizador del soporte

Para el caso de los rigidizadores, la geometría es ligeramente más compleja, aunque se puede resolver fácilmente con simetría. Para empezar, se realiza un Rib, cuyos Sketchs se muestran en las figuras 3.46 y 3.47.

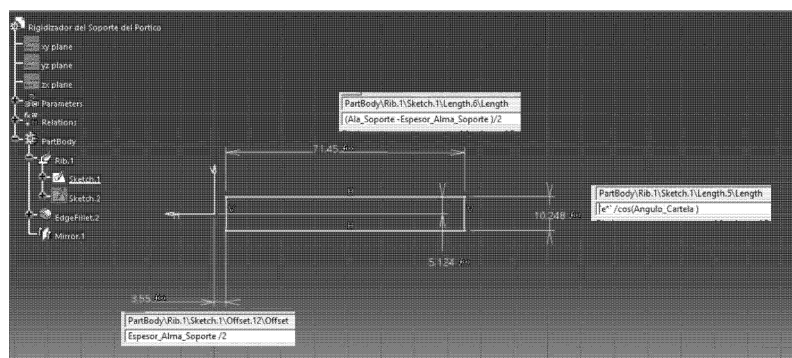


Figura 3.46: Sketch de modelado del rigidizador del soporte del pórtico

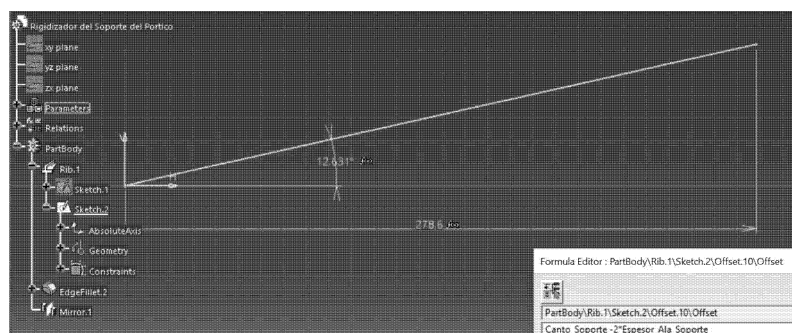


Figura 3.47: Curva generatriz del rigidizador del soporte del pórtico

Seguidamente se redondean las esquinas interiores del rigidizador, que estarán en contacto con el alma del soporte. Y finalmente se lleva a cabo la duplicación de esta parte por simetría. En la figura 3.48 se muestra el resultado final.

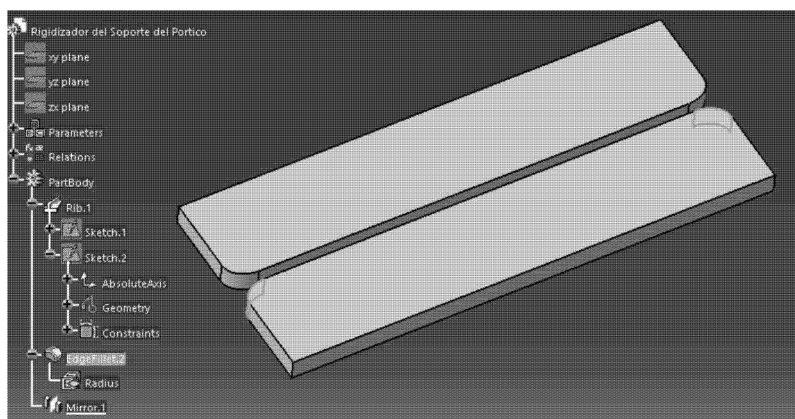


Figura 3.48: Representación 3D del rigidizador del soporte del pórtico en Catia

- Rigidizador del dintel

Para modelar este rigidizador se sigue exactamente el mismo proceso que en el caso anterior, siendo el resultado el que se muestra en la figura 3.49.

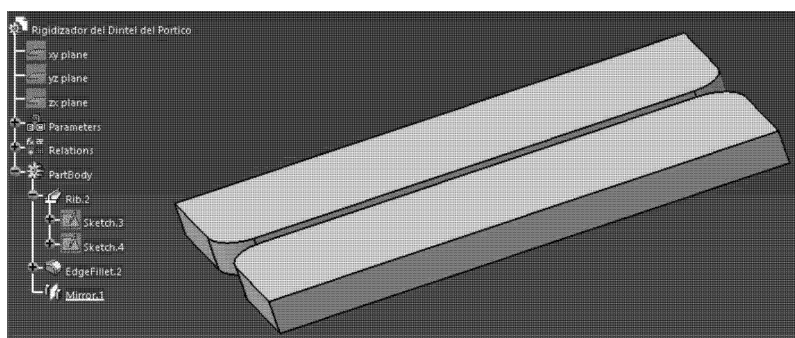


Figura 3.49: Representación 3D del rigidizador del dintel del pórtico en Catia

- Rigidizador triangular

En esta ocasión se hace primero un Pad de medio rigidizador y posteriormente se hace la simetría del mismo. En la imagen 3.50 se muestra el Sketch del Pad y en la imagen 3.51 el resultado final.

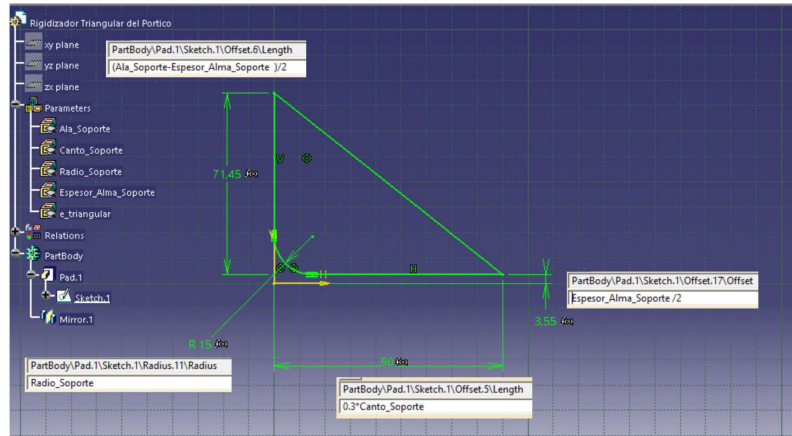


Figura 3.50: Sketch para el modelado del rigidizador triangular del pórtico

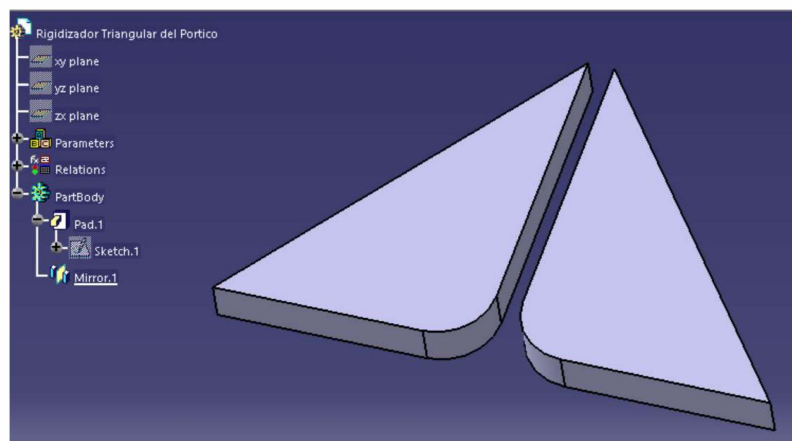


Figura 3.51: Representación 3D del rigidizador triangular del pórtico en Catia

Una vez que se tienen definidas todas las partes que conforman cada uno de los pórticos, se pasa a ensamblarlos. Para ello, se crea un nuevo conjunto de Catia y se van introduciendo las partes y conjuntos uno a uno de manera ordenada. Así mismo, a la par que se van insertando las partes, se van restringiendo las posiciones de éstas entre sí. Es importante no perder de vista que las restricciones que se fijen deben ser genéricas y consistentes con el hecho de que las dimensiones de los elementos varían según la consulta del usuario.

A continuación, se muestran algunas imágenes del ensamblaje del pórtico tipo A con unión de alero tipo 1, los otros dos pórticos se ensamblan de manera completamente análoga. Para empezar, se cargan el anclaje y el soporte del pórtico y se fijan las restricciones entre ellos. En concreto se determina que, la cara superior del anclaje y ya la cara inferior del soporte están en contacto y los planos de referencia de cada elemento están en contacto. Estos planos se definieron estratégicamente como planos de simetría pensando en facilitar la labor de ensamblaje posteriormente, lo que se puede comprobar aquí.

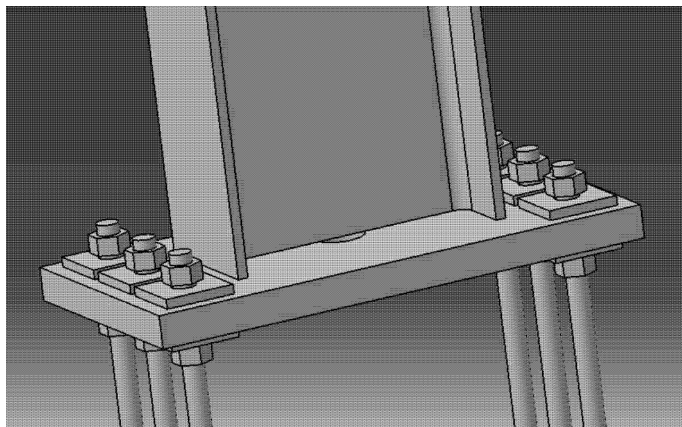


Figura 3.52: Soporte y anclaje del pórtico vinculados en Catia

Después se siguen insertando los elementos que componen el pórtico: la cartela, los elementos de la unión de alero (tapa y rigidizador del soporte en este caso), las dos secciones del dintel (por ser pórtico de tipo A), la unión tipo 2 y unión cumbrera.

En la figura 3.53 se muestra un detalle del ensamblaje de las piezas que se mencionaban anteriormente.

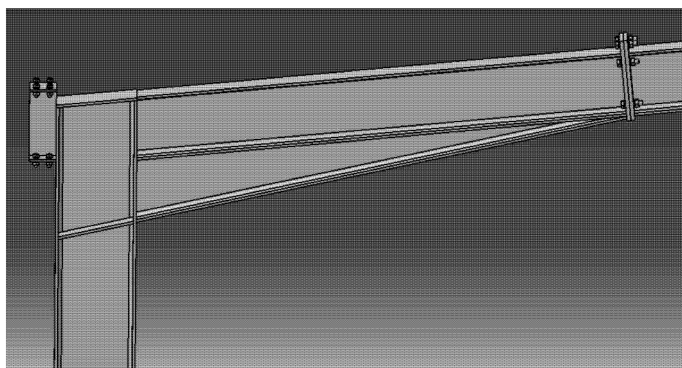


Figura 3.53: Partes de la unión de alero vinculadas vinculados en Catia

Una vez que se tiene definido el ensamblaje de medio pórtico se continúa con la otra mitad, insertando nuevamente las piezas anteriormente mencionadas conforme se van necesitando. Para completar el ensamblaje del pórtico se han generado un total de 56 restricciones entre los elementos.

A continuación, se muestra una relación de todos los componentes principales del pórtico, las piezas que los conforman y los libros de Excel que dan valores a sus parámetros. Nótese que en este esquema se listan las partes, pero no el número de veces que están presentes en cada pórtico, por ejemplo, hay 2 soportes por pórtico.

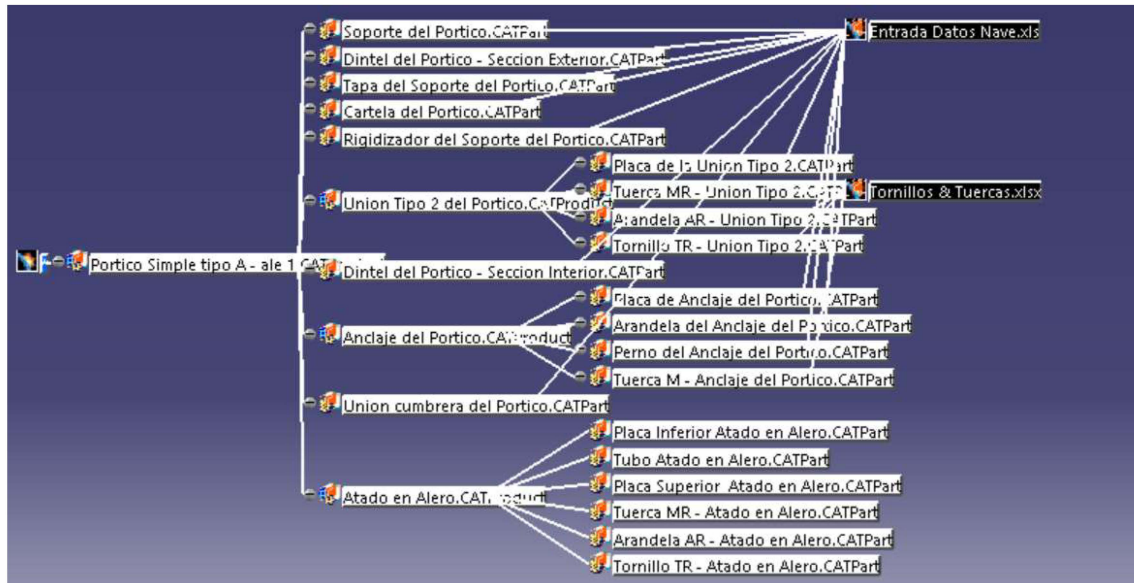


Figura 3.54: Esquema de interrelación entre los componentes y las hojas de diseño del pórtico de tipo A con unión de alero alel

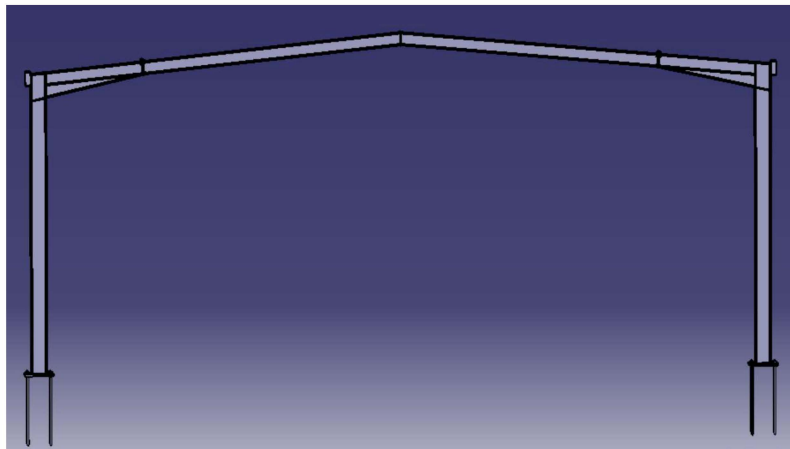


Figura 3.55: Representación 3D del pórtico tipo A con unión de alero alel-1

3.2.2. Atado de alero

El atado de alero está formado por dos placas con cuatro taladros cada una y un tubo de sección rectangular. En esta ocasión las dimensiones de las partes son siempre idénticas. Ya que el tubo tiene una sección de 100x50x3 (ver figura 3.56), y puesto que el atado es siempre el de referencia atado100 para las naves que se están considerando las placas tienen siempre las medidas mostradas en la figura. Por tanto, no es necesario definir una hoja de diseño para este componente.

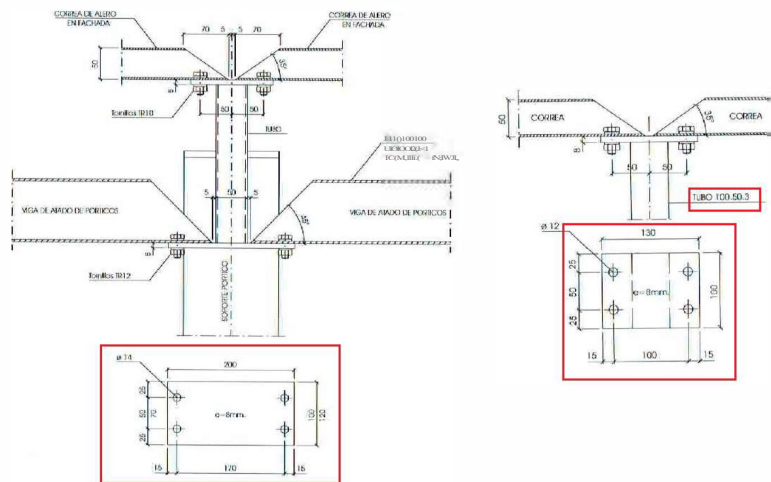


Figura 3.56: Esquema de la geometría y las dimensiones del atado de alero (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Páginas 224 y 230)

Si se observa detenidamente la figura se puede ver que la altura del tubo no viene determinada. Para fijarla hemos acudido a los planos DXF que adjunta la guía y se ha determinado que mide 250mm de altura.

Una vez que se tienen recopiladas todas las medidas se pasa a modelar cada una de las partes. Para diseñar las placas no hay más que hacer un Pad y posteriormente realizar el taladrado con un patrón. Es importante recordar la importancia de utilizar el patrón para minimizar el trabajo de ensamblaje del atado en alero mediante la utilización de *ReusePattern*. Por otra parte, para modelar el tubo se realiza un Pad de la sección que se muestra en la figura 3.57.

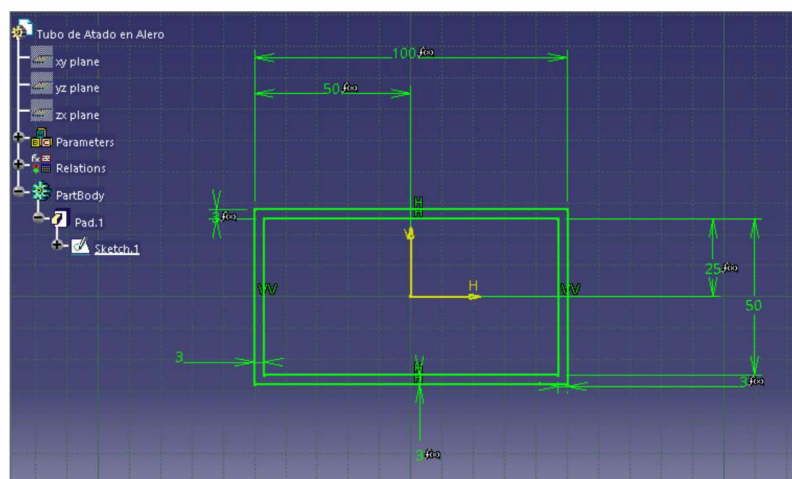


Figura 3.57: Sketch de modelado del tubo del atado de alero

Finalmente se realiza el ensamblaje de las tres partes junto con la tornillería, fijando la distancia apropiada para dejar espacio a las vigas de atado y las correas de alero.



Figura 3.58: Representación 3D del atado de alero en Catia

3.2.3. Cierre frontal

Las partes que conforman el cierre frontal se han modelado prácticamente de igual manera que se modelaron las del pórtico. La principal diferencia reside en los soportes cuyo número varía en esta ocasión. En la siguiente figura se muestra la estructura del cierre.

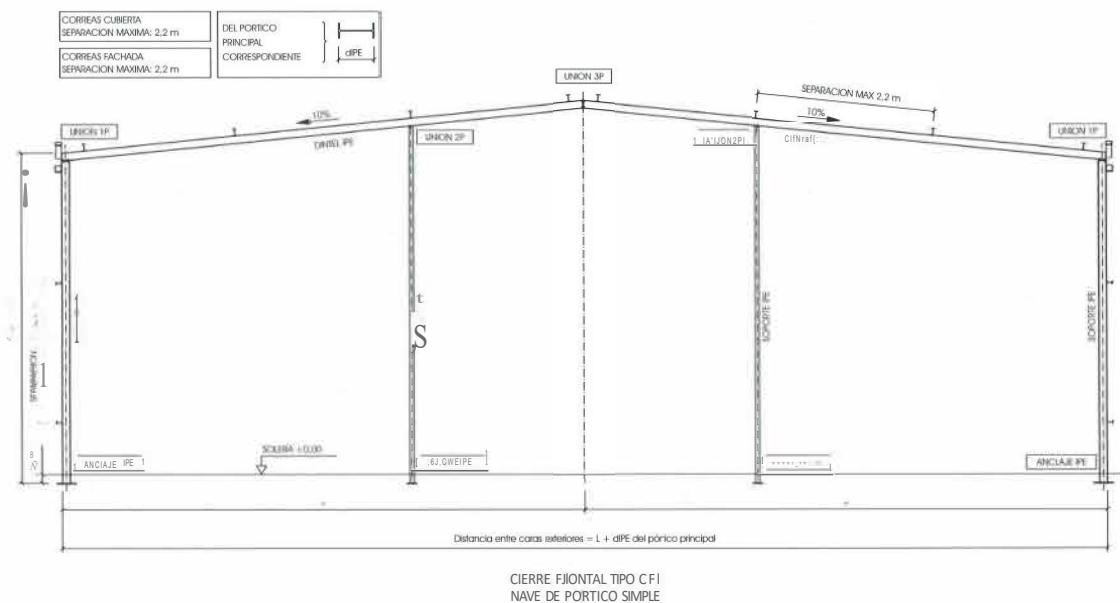


Figura 3.59: Esquema del cierre frontal CFI (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos Página 189)

Soporte

En el caso de los soportes del cierre frontal hay que distinguir entre interiores y exteriores, que presentan distintas alturas, además se encuentran posicionados perpendicularmente entre sí (ver figura 3.59). Por un lado, el canto del soporte exterior es paralelo al plano del cierre y, por otro lado, el canto de los interiores es perpendicular a dicho plano. De manera que es necesario definir piezas diferentes para los soportes exteriores y los interiores.

Además, en número de soportes es variable, y depende de la modulación y la luz de la nave. En

la guía se determina que su número debe ser tal que la distancia entre ellos sea menor o igual a la modulación de la nave. Por lo tanto, sería necesario tomar la luz y dividirla entre la modulación, obteniendo de esta forma el número de soportes, tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Número total de Pórticos} = n = \frac{\text{Modulación}}{\text{Luz}} + 1$$

$$\text{Número de Pórticos Exteriores} = 2$$

$$\text{Número de Pórticos Interiores} = n - 2$$

Para generar los soportes exteriores, se sigue exactamente el mismo procedimiento que en el pórtico, obteniendo un resultado completamente análogo. En esta ocasión la altura del soporte se fija mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Altura}_{\text{soporte}} =$$

$$\text{Altura alero} - \text{Espesor Tapa Anclaje} - \text{Espesor Tapa Soporte} - \text{Canto dintel} - \text{Canto viga}$$

La hoja de diseño de este componente se muestra en la figura 3.60 y la pieza de Catia en la figura 3.61.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Altura Soporte (mm)	Angulo Cubierta (deg)
2	140	73	6,9	4,7	7	5599,401493	5,710593137
3							
4							
5			Altura	Canto Dintel CF	Union 1P	Espesor anclaje	Altura Soporte
6			5750	120	10	20	5599,401493
7							

Figura 3.60: Hoja de diseño del soporte exterior cierre frontal CFI

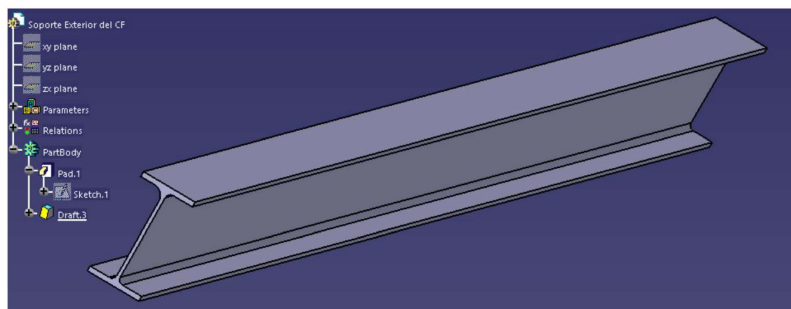


Figura 3.61: Representación 3D del soporte exterior cierre frontal CFI en Catia

Por otra parte, a la hora de generar los soportes interiores se presentan múltiples problemas que llevan a la decisión de fijar el número mínimo de soportes interiores en 4, dos por cada lado del eje de simetría. De manera que cumpla la condición fijada en la guía, que dice que la distancia entre los soportes debe ser menor o igual a la modulación de la nave. En la imagen 3.62 se muestra la hoja de diseño de este componente, donde se fijan el número de soportes en la mitad del cierre frontal (celda G2), la distancia entre estos (celda H2) y la altura de la geometría base (celda J2).

	A	B	C	O	E	F	G	H	J	J	K	
1	Canto (mm)		Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Altura sin Cortar (mm)	Repeticioes Sop	Distancia entre soportes (mm)	Luz (mm)	Altura Extremo (mm)	Angulo Cubierta (deg)
2	140		73	6,9	4,7	7	6450	2	2800	14000	5599,351617	5,710593137
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												

Altura	Canto Dintel	Espesor Anclaje	Tapa union 2P	Altura Ektremo
5750	120	20	10	5599,351617

Luz:	14000
Modulación:	5900

Numero de Sop Teórico	Numero de sop. Int.
2	41

Figura 3.62: Hoja de diseño de los soportes interiores del cierre frontal CFI

De manera que para modelar los soportes interiores del cierre, lo que se hace es crear un soporte base mediante un Pad (que será el soporte más alejado del centro), a continuación se reproduce esta pieza tantas veces como sea necesario mediante un patrón y finalmente se seccionan todos los soportes de manera que la geometría de los mismos se ajuste a la cubierta. El resultado se muestra en la figura 3.63.

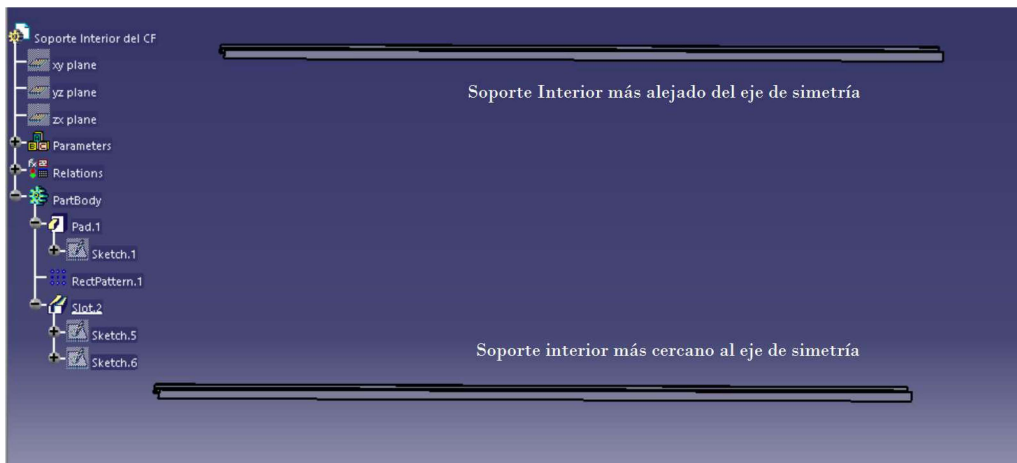


Figura 3.63: Representación 3D de los soportes interiores del cierre frontal CFI

Dintel

La geometría del dintel del cierre frontal es exactamente igual que la del pórtico. De manera que basta con fijar la longitud horizontal de éste, para tenerlo definido. En esta ocasión, dicha distancia queda definida por la ecuación:

$$\text{Longitud horizontal} = t_z - \text{Espesor tapa Dintel} - \text{Espesor union Tipo 3P}$$

En la figura 3.64 se muestra la hoja de diseño donde se recogen todos los datos de este elemento.

	A	B	C	D	E	F	G
1	canto	(mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Radio (mm)	Longitud HTAL Dintel (mm)	Angulo Cubierta (deg)
2	120	64	6,3	4,4	7	6980	5,710593137
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Figura 3.64: Hoja de diseño del dintel del cierre frontal

Puesto que la geometría de esta pieza es idéntica a la de la que ya se tenía definida para el pórtico, lo que se ha hecho es copiar la pieza anterior. Una vez copiada, se ha roto la vinculación con la hoja de diseño del dintel del pórtico y se ha creado una nueva vinculación con la hoja del dintel del cierre frontal. De esta manera, el dintel obtenido es esencialmente idéntico, pero con las dimensiones correspondientes.

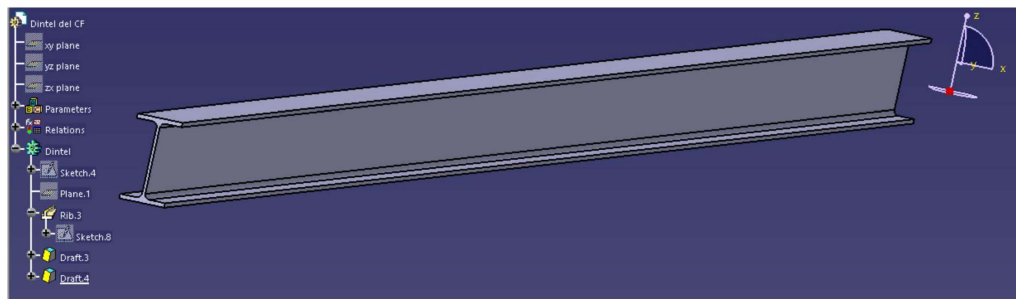


Figura 3.65: Representación 3D del dintel del cierre frontal

Anclaje del cierre frontal

Para el caso del anclaje de cierre frontal volvemos a estar ante la misma situación que con el dintel, es decir, la geometría ya estaba definida para el pórtico. De manera que nuevamente copiamos la placa, el perno y la arandela del anclaje del pórtico en la carpeta del cierre frontal, rompemos las vinculaciones con su hoja de diseño y definimos la nueva vinculación con la hoja del cierre. Ésta se muestran en la figura 3.59. Y el conjunto final, tras unir todos los nuevos componentes es análogo al que se tenía en el pórtico (ver figura 3.67)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Número de Taladros por lado	Diámetro Central (mm)	lado (mm)	Espesor (mm)	Diám. Perno (mm)	Long. Perno (mm)
1												
2	A	320	150	20	40	22	40	2	50	65	08	20
3												942
4	Pernos	M20x1000										
5												

Figura 3.66: Hoja de diseño del anclaje del cierre frontal

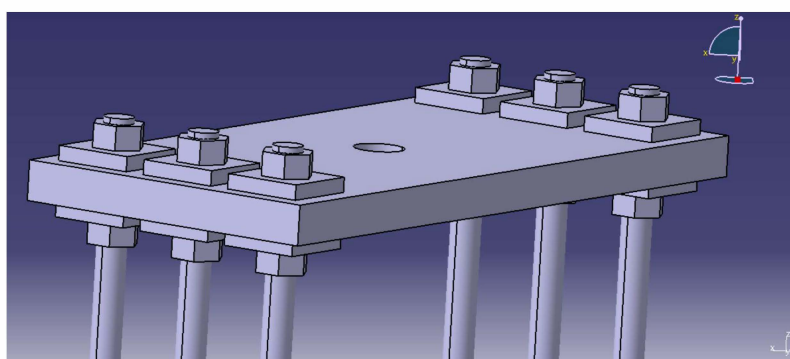


Figura 3.67: Representación 3D del anclaje del cierre frontal en Catia

Unión tipo 1P

Para generar la unión tipo 1P lo primero que se hace es definir la placa de la unión con los taladros. En este caso se crea primero un Pad, se hace el primer talador y por último se repite el taladro mediante un patrón. Al igual que teníamos en las uniones del pórtico, lo siguiente que

se hace es posicionar un tornillo, una tuerca y las arandelas con respecto al taladro. Nótese que nuevamente se ha tenido que delimitar la distancia entre la arandela superior y la placa en función del valor máximo que puede tomar. Para ello, en este caso ha sido necesario tomar el espesor máximo de la tapa del soporte y el ala del dintel. Finalmente, una vez que se tiene la vinculación de estas partes, se insertan el resto de componentes reutilizando el patrón, tal y como se hacía en el resto de casos.

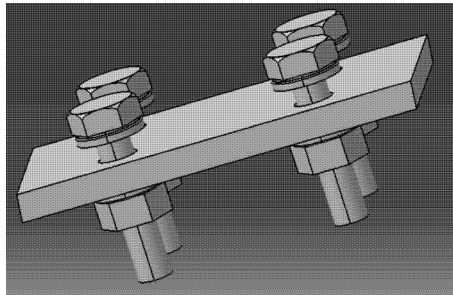


Figura 3.68: Representación 3D de la unión tipo 1P del cierre frontal en Catia

Unión tipo 2P

Esta unión es muy parecida a las anteriores, con la diferencia de que los taladros que la configuran se han taladrado por separado, en lugar de utilizar un patrón. De manera que todas las partes se han insertado individualmente y se han ido creando las restricciones para posicionarlos. Para fijar la distancia entre los elementos se ha tenido que tomar el espesor del ala del dintel.

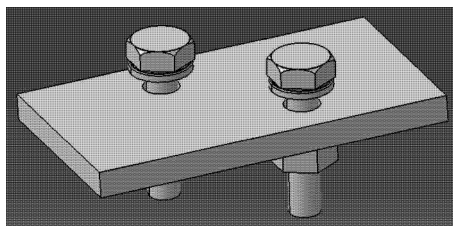


Figura 3.69: Representación 3D de la unión tipo 2P del cierre frontal en Catia

Unión tipo 3P

Finalmente, esta unión es la responsable de unir los dinteles del pórtico. Para su modelado se ha creado la placa en Catia con un Pad y se ha taladrado mediante un patrón. El resultado final se muestra en la figura 3.70.

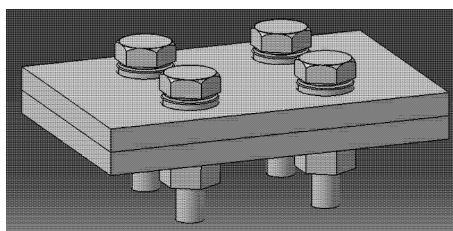


Figura 3.70: Representación 3D de la unión tipo 3P del cierre frontal en Catia

Una vez que se tienen definidos todos los componentes del cierre frontal, se procede al en-

samblaje del mismo. Para ello, se hace uso de las herramientas definidas en la tabla 3.5, con las que se van vinculando los elementos entre sí de manera sucesiva. Es muy importante realizar este proceso ordenadamente para evitar errores. El cierre resultante y algunos detalles del ensamblaje se muestran en las figuras 3.71, 3.72, 3.73, 3.74 y 3.75.

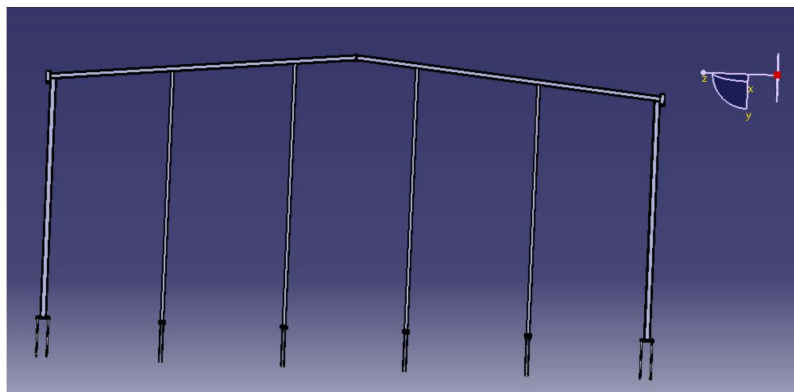


Figura 3.71: Representación 3D del cierre frontal CFI en Catia



Figura 3.72: Detalle de la vinculación de los elementos 30 en los anclajes del cierre frontal CFI

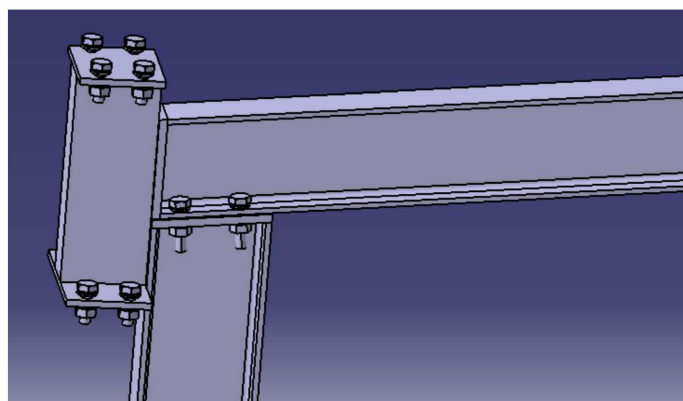


Figura 3.73: Detalle de la vinculación de los elementos 30 en la unión tipo IP del cierre frontal CFI

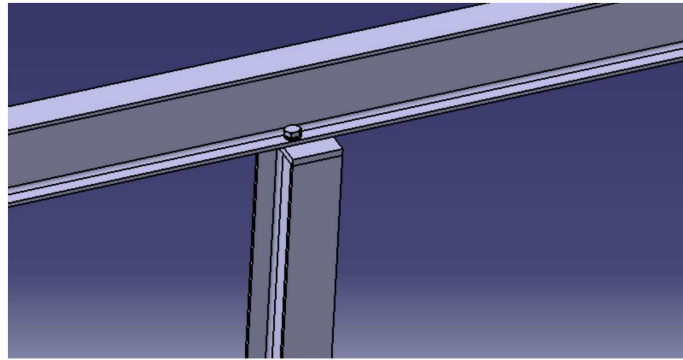


Figura 3.74: Detalle de la vinculación de los elementos 30 en la unión tipo 2P del cierre frontal CFI

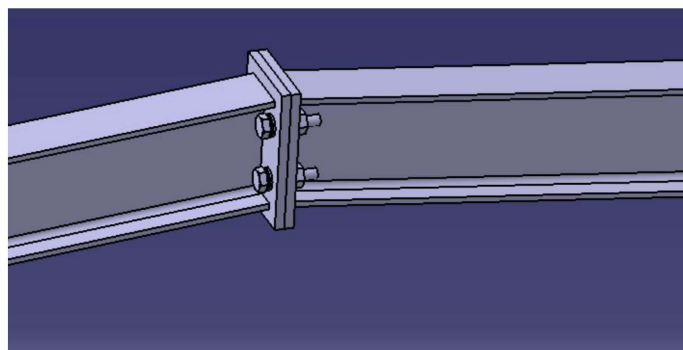


Figura 3.75: Detalle de la vinculación de los elementos 30 en la unión tipo 3P del cierre frontal CFI

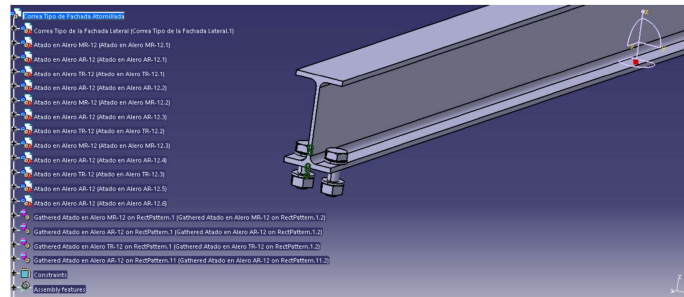
3.2.4. Correas de fachada

Antes de entrar en detalle en el proceso de diseño de las correas de fachada, es necesario determinar si se van a poner correas en la cara frontal o no. En este trabajo se ha decidido optar por el caso más restrictivo, en el que no se puede garantizar la continuidad de las correas en la fachada frontal. Ya que se considera, que lo más probable es que haya puertas y ventanas que impidan esta continuidad. Se busca con esto dejar la mayor libertad posible al proyectista, quien puede definir éstas fachadas en la manera en que le resulte más útil según la finalidad y funcionalidad de la nave.

Así pues, en la guía (página 46 del tomo 1), se indica que en caso de no poderse garantizar la continuidad de las correas de fachada es necesario reforzar las correas que cubran un solo vano. De manera que para el caso que se aborda se tienen correas de refuerzo y correas tipo. Además, la línea superior de las correas de fachada está compuesta por correas de tubo que también se van a definir a continuación.

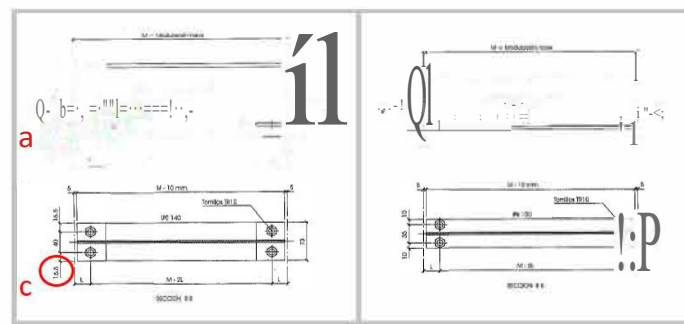
Correa tipo

La geometría de las correas tipo de la fachada se muestra en la figura 3.76. Aquí se puede ver que no es básicamente una con perfil IPE y varios taladros en su base. Para fijar los valores de los parámetros de la geometría se crea la hoja de diseño que se muestra en la figura 3.77. En esta hoja ha sido necesario definir la variable L , ya que no se ha almacenado en la base de datos.



Correa de refuerzo

En el caso de las correas de refuerzo que se muestran en la guía DEANIL, existe una diferencia notable entre sus geometrías. Si se observa detenidamente la figura 3.80 se puede ver que una de ellas está rebajada y la otra no. Esta diferencia puede parecer pequeña, pero es muy importante a la hora de decidir cómo generar el modelado 3D de la pieza.



Tras varios intentos infructuosos por definir la geometría de la pieza de manera unívoca, se decide modelarla mediante varios Pad y definir unas variables auxiliares para este modelado. En la figura 3.81 se muestran todas las variables almacenadas. Posteriormente se generan los 4 taladros de las esquinas haciendo uso de un patrón y finalmente se seccionan lo 5 mm sobrantes de cada extremo.



De manera que con el primer Pad se genera la parte central de la correa, que es idéntica en ambas configuraciones, y con el segundo se prolongan los extremos, cumpliendo la geometría impuesta por la guía.

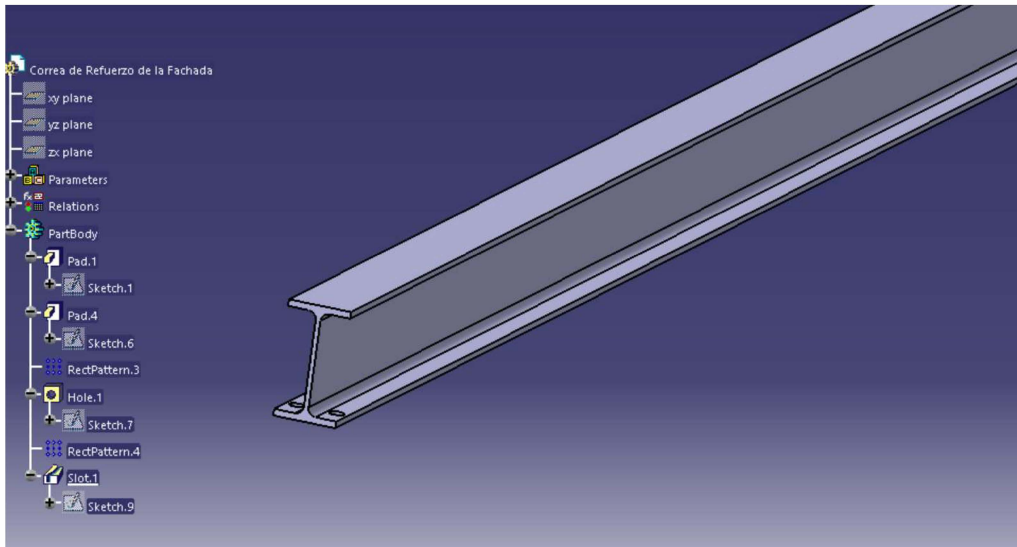


Figura 3.82: Representación 3D de la correa de refuerzo de la fachada

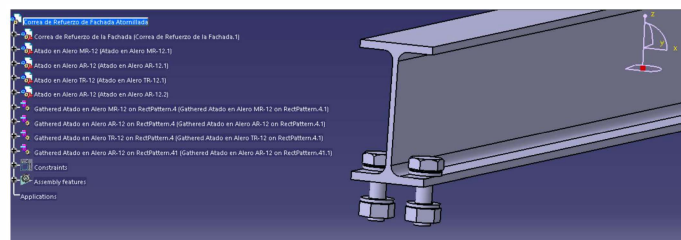


Figura 3.83: Representación 3D de la correa de refuerzo de la fachada con la tornillería

Correas de alero y Vigas de Atado

La geometría de las correas de alero y las vigas de atado es idéntica, de manera que se han modelado conjuntamente. Esta geometría viene definida por una sección en tubo con los extremos seccionados angularmente, como puede verse en la imagen 3.84.

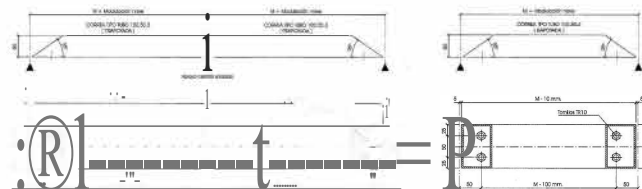


Figura 3.84: Esquema de las correa de alero de la fachada (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 224)

La hoja de diseño que se ha confeccionado para estas correas se muestra en la figura 3.85. Obsérvese que se ha introducido el *Part Number* como variable de entrada para automatizar la labor. Cabe destacar que en esta ocasión, puesto que existen dos líneas de datos, habrá que seleccionar desde Catia que línea se fija para cada componente.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Part Number	Largo (mm)	Ancho (mm)	e (mm)	alpha (deg)	Diametro (mm)	Longitud sin Corte (mm)
2	Correas de Alero - Correas Tubo de la Fachada	100	50	3	35	14	10000
3	Viga de atado de porticos OPCIONAL	100	100	4	45	14	4950
4							
5							
6							
7		cf100a		3			
8		cf100b		4			
9							

Figura 3.85: Hoja de diseño de las correas de alero y las vigas de atado

Por otra parte, estas correas están dispuestas en una única línea de cada tipo. De manera que se ha decidido que la forma más sencilla de modelar estas líneas es con una única parte en cada caso.

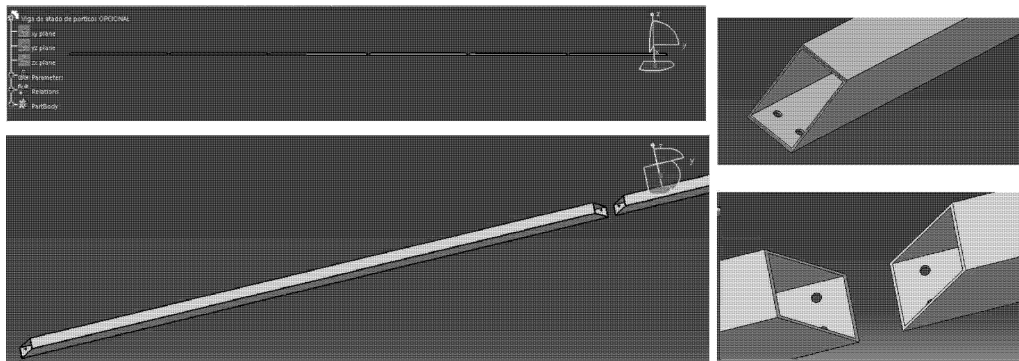


Figura 3.86: Representación 3D de las viga de atado y algunos detalles

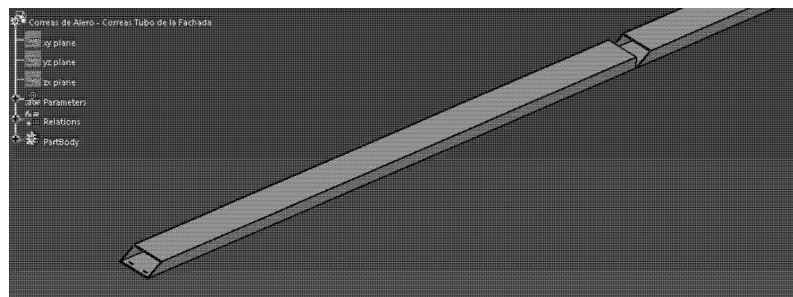


Figura 3.87: Representación 3D de las correas de alero

Es importante resaltar aquí, que en esta ocasión no es necesario añadir la tornillería a las correas, ya que se ha añadido en el atado de alero, al que van atornilladas.

3.2.5. Correas de cubierta

Las correas de la cubierta son análogas a las de la fachada. De maneras que el proceso seguido es el mismo. A continuación, se muestran las hojas de diseño y las representaciones de las correas con y sin tornillería.

Correas tipo

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Modulación (mm)	L (mm)	Díametro (mm)
2	120	64	6,3	4,4	7	5000	30	14
3								
4	Tornillos:	6 TR-12						
5								
6								
7								
8								

Figura 3.88: Hoja de diseño de la correa tipo de la cubierta

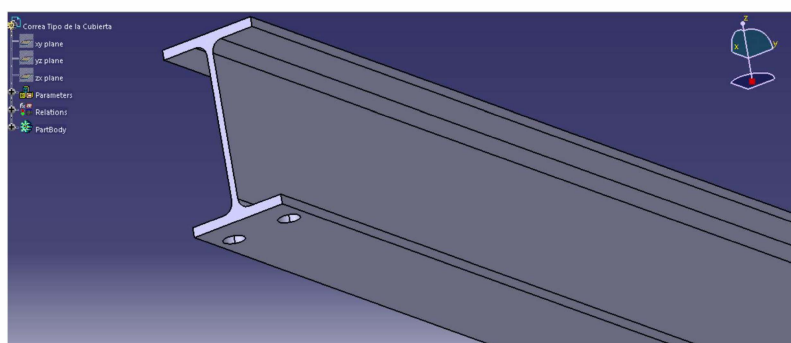


Figura 3.89: Representación 3D de la correa tipo de la cubierta

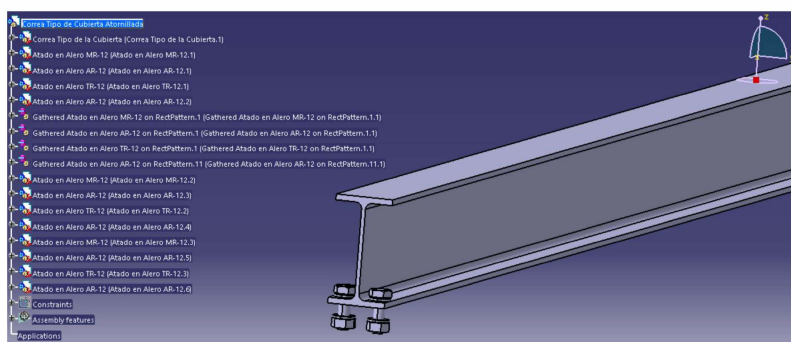


Figura 3.90: Representación 3D de la correa tipo de la cubierta con la tornillería

Correas de refuerzo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)	Modulación (mm)	L (mm)	Diámetro (mm)	b (mm)	e (mm)
2	140	73	6,9	4,7	7	5000	30	14	6	16,5
3										
4	Tornillos: 6TR-12									
5		Canto (mm)	Ala (mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio (mm)				
6	IPE-140	140	73	6,9	4,7	7				
7	IPE-160	160	82	7,4	5	9				
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

		b
canto	140	6 e 16,51
	160	8 e 18,5

Figura 3.91: Hoja de diseño de la correa de refuerzo de la cubierta

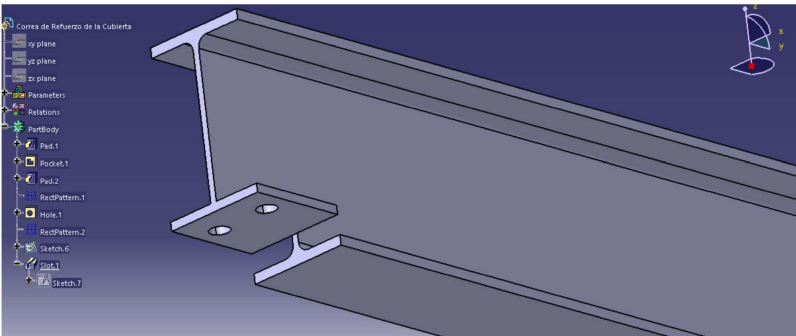


Figura 3.92: Representación 3D de la correa de refuerzo de la cubierta

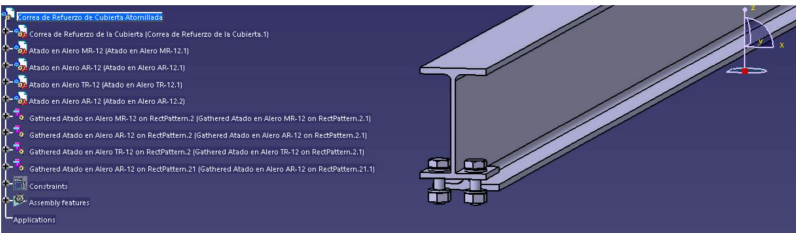


Figura 3.93: Representación 3D de la correa de refuerzo de la cubierta con la tornillería

3.2.6. Arriostramientos

Los arriostramientos de cubierta y de fachada están compuestos por el redondo en sí, el casquillo y la arandela y la tuerca de sujeción. De entre los tres posibles casquillos propuestos en la guía DEANIL se ha seleccionado el de la figura 3.94, para ambos casos.

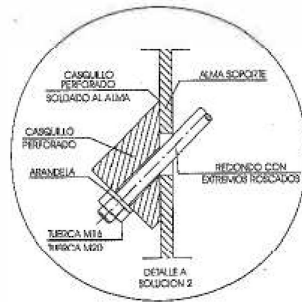


Figura 3.94: Esquema del casquillo de los arriostramientos (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 250)

Los redondos se definen de manera muy sencilla con un Pad, así como el casquillo. La tuerca y la arandela se han definido junto con el resto de la tornillería de la nave.

Para generar el casquillo se genera un cilindro mediante simetría axial con la función *Shaft* y posteriormente se taladra y se secciona. Tal y como se puede ver en la figura 3.95.

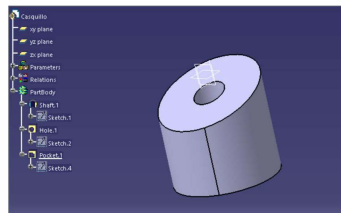


Figura 3.95: Casquillo de los arriostramientos

Por otra parte, los redondos se crean fácilmente con un único Pad.

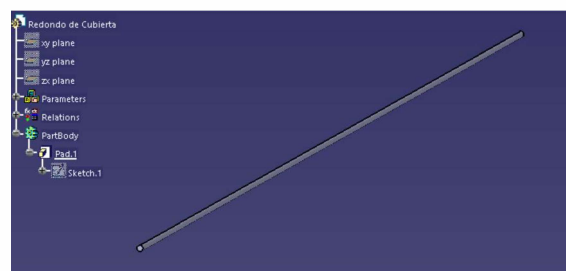


Figura 3.96: Redondo de los arriostramientos

3.2.7. Tornillería

A continuación, se va a definir el proceso de desarrollo de los tornillos, las arandelas y las tuercas que se han ido utilizando a lo largo de los componentes anteriores. Cabe destacar que la información relativa a la tornillería no se ha guardado en el Excel principal sino en un secundario, como ya se venía adelantando en el capítulo 2. En este libro hay seis hojas destinadas a almacenar las dimensiones de las piezas, que se han tomado de la norma NBE-EA-1995. Las 24 hojas restantes están destinadas a cada uno de los elementos de tornillería que son necesarios para la nave.

Se van a definir primero los tornillos, arandelas y tuercas de alta resistencia y luego los ordinarios.

Tornillería de alta resistencia

Estos tornillos son los utilizados para las uniones, tanto del pórtico como del cierre frontal. Así como para el atado en alero y las correas de cubierta y fachada, para estos último los tornillos con siempre de numeración TR-12, de manera que se crea un único tornillo para todos ellos de geometría fija.

Pasemos a definir primero los tornillos. En la figura 3.97 se muestra la tabla de Excel que almacena los datos de los tornillos TR, y de dónde se cargarán para cada uno de los casos.

PartNumber	ProductDescription	d (mm)	x (mm)	k (mm)	s (mm)	e (mm)	d2 (mm)	r (mm)
TR-12	Tornillo de Alta Resistencia TR 12	12	2,5	8	22	25,4	20	1,6
TR-16	Tornillo de Alta Resistencia TR 16	16	3	10	27	31,2	25	2,6
TR-20	Tornillo de Alta Resistencia TR 20	20	4	13	32	36,9	30	2
TR-22	Tornillo de Alta Resistencia TR 22	22	4	14	36	41,6	34	2
TR-24	Tornillo de Alta Resistencia TR 24	24	4,5	15	41	47,3	39	2
TR-27	Tornillo de Alta Resistencia TR 27	27	4,5	17	46	53,1	43,5	2,5

NOTA: l & b se obtienen en función de la apretadura en la siguiente hoja del Excel

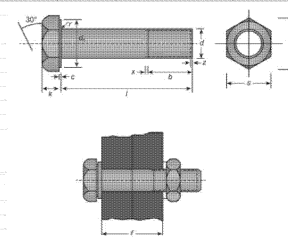


Figura 3.97: Hoja de diseño de los tornillos de alta resistencia

Para este caso se llevan a cabo tres Pads con distintas alturas, el primero de ellos hexagonal y los otros dos cilíndricos. Seguidamente se crea el redondeo de la base de la cabeza con la operación *Base Fillet* y finalmente se redondea la parte superior de la cabeza, esta vez con un Slot cuya curva directriz es un círculo cerrado. En la imagen 3.98 se muestra el resultado final.

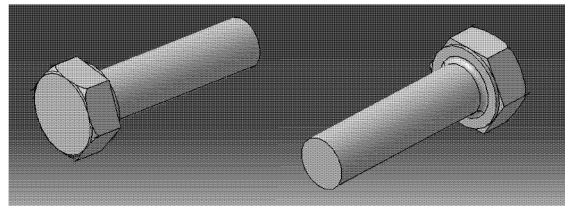


Figura 3.98: Representación 3D del tornillo de alta resistencia de la unión tipo 1

Una vez se tiene definido el tornillo, se crean tantas copias como son necesarias del mismo, es decir 7 copias, tres para las uniones del pórtico, tres para las uniones del cierre frontal y una más para las correas y el atado en alero. A continuación, se enlaza cada parte con su hoja de diseño. Por ejemplo, para el caso de la unión de tipo 1, se muestra la hoja en la figura 3.99.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	PartNumber	d (mm)	l (mm)	b (mm)	x (mm)	k (mm)	s (mm)	e (mm)	d2 (mm)	r (mm)		
2	un1 TR-20	20	75	31	4	13	32	36,9	30		2	
3												
4	Link de Asociación:	DERECHA('D:\TFG - Paloma de la Rosa Garrido\Excel\Entrada Datos Nave.xls)Unión Tipo 1'!\$B\$4:5)										
5												
6												
7								C (mm)	Espesor Ala Soporte	Arandela		
8								Suma de Espesores a unir:	20	10,7	4	39
9												
10												
11						límite	b1	b2				
12						TR-20	85	31	33			
13												

Figura 3.99: Hoja de diseño del tornillo de alta resistencia de la unión tipo 1

Es importante resaltar aquí que para determinar el *PartNumber* de la pieza, tal y como se puede ver en la celda A2 de la hoja, lo que se hace es vincular este Excel secundario con el principal. De

manera que se carga este dato del Excel *Entrada Datos Nave*, que a su vez carga la información de la base de datos. Con esta referencia se entra en la tabla de los datos de los tornillos 3.97 y se busca la línea que contiene la información deseada. Este mismo proceso se hace con todo el resto de componentes de la tornillería.

Por otra parte, para el caso concreto del tornillo de alta resistencia es necesario determinar la longitud de apretadura. Para ello se define un cuadro en cada hoja de diseño donde se determina la suma de los espesores a unir. Todos los datos necesarios para hallar este valor se cargan también del Excel principal. Una vez que se tiene definido el espesor total y la numeración del tornillo se hace una búsqueda en la figura 3.100 para determinar los valores de l y b

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
2	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
3	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
4	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
5	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
6	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
7	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
8	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
9	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
10	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
11	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
12	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
13	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
14	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
15	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
16	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
17	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
18	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
19	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
20	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
21	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
22	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
23	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
24	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
25	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
26	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
27	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
28	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
29	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
30	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
31	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
32	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
33	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
34	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
35	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
36	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
37	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
38	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
39	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
40	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
41	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
42	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
43	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
44	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
45	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
46	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
47	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
48	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
49	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
50	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
51	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
52	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
53	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
54	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
55	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
56	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
57	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
58	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
59	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
60	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
61	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
62	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
63	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
64	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
65	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
66	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
67	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
68	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
69	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
70	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
71	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
72	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
73	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
74	10	12	15	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
75	10	12	15	18	20	22	24	2														

Figura 3.100: Hoja de diseño de las longitudes de apretadura de los tornillos de alta resistencia

Tornillería ordinaria

Por otra parte, en lo que se refiere a las tuercas de alta resistencia, el proceso es completamente análogo. Lo primero que se hace es cargar toda la información de la tabla 2.37 en una hoja de diseño tal y como se muestra.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	PartNumber	ProductDescription	Jd (mm)	Jd (mm)	1mmLs (mm)					
2	MR-12	Tuerca de Alta Resistencia MR 12	13	23	10	25,4	22			
3	MR-16	Tuerca de Alta Resistencia MR 16	15	25	13	31,2	27			
4	MR-20	Tuerca de Alta Resistencia MR 20	20	28	1 (40,9	32			
5	MR-22	Tuerca de Alta Resistencia MR 22	22	30	15	41,6	36			
6	MR-24	Tuerca de Alta Resistencia MR 24								
7	MR-27	Tuerca de Alta Resistencia MR 27								

Figura 3.101: Hoja de diseño de las tuercas de alta resistencia

A continuación, se procede a modelar una tuerca cualquiera de alta resistencia. Para ello no hay más que generar un Pad hexagonal y realizarle un taladro pasante. Posteriormente, se crean copias y se vincula cada copia a la información recogida en cada una de las hojas de diseño correspondiente

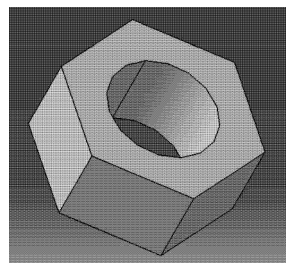


Figura 3.102: Representación 3D de la tuerca de alta resistencia de la unión tipo 1

Por último, se repite exactamente el mismo proceso para las arandelas. En la imagen 3.103 se muestra la hoja que recoge los datos de la norma NBE-EA-1995.

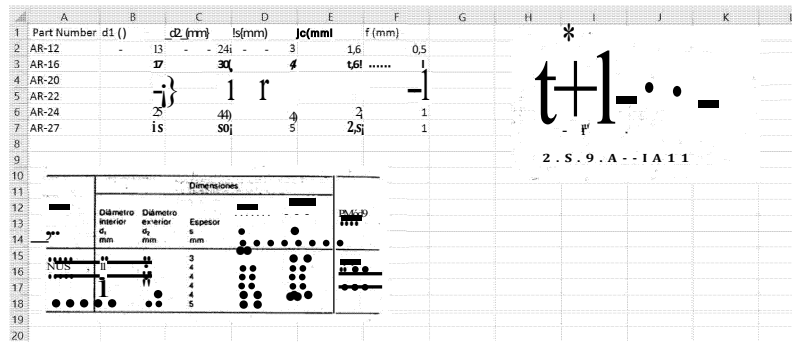


Figura 3.103: Hoja de diseño de las arandelas de alta resistencia

A la hora de definir la geometría en Catia, primero se hace un Pad de un aro, y luego de redondea el borde exterior con un *EdgeFillet* y se realiza la inclinación del interior con un *Chamfer*.

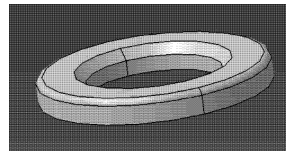


Figura 3.104: Representación 3D de la arandela de alta resistencia de la unión tipo 1

Nuevamente, se crean las copias oportunas y se vinculan con sus hojas de diseño.

Tornillería ordinaria

Ésta es la tornillería que se utiliza en los anclajes del pórtico y del cierre frontal. En esta ocasión sólo son necesarias la arandela y la tuerca, el tornillo no. La tuerca se modela igual que se hacía en el caso anterior, pero con los valores propios de esta tornillería, que se muestran en la figura

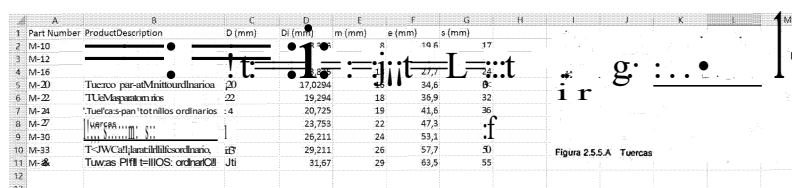


Figura 3.105: Hoja de diseño de las tuercas ordinarias

De manera que la pieza de Catia que se obtiene se muestra en la imagen 3.106.

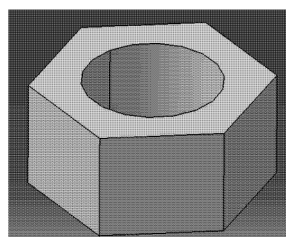


Figura 3.106: Representación 3D de la tuerca ordinaria del anclaje del pórtico

Finalmente los datos de las arandelas ordinarias se recogen en la hoja correspondiente, que se muestra en la figura 3.107. Y su geometría se modela fácilmente con un único Pad (ver figura 3.108).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Part Number	ProductDescription	d1 (mm)	d2 (mm)	n (mm)				
2	A-10	Arandela para tornillos ordinarios	11,5	21	8				
3	A-12	Arandela para tornillos ordinarios	13,5	24	8				
4	A-16	Arandela para tornillos ordinarios	17,5	30	8				
5	A-20	Arandela para tornillos ordinarios	21,5	36	8				
6	A-22	Arandela para tornillos ordinarios	24	40	8				
7	A-24	Arandela para tornillos ordinarios	26	44	8				
8	A-27	Arandela para tornillos ordinarios	29	50	8				
9	A-30	Arandela para tornillos ordinarios	32	56	8				
10	A-33	Arandela para tornillos ordinarios	35	60	8				
11	A-36	Arandela para tornillos ordinarios	38	68	8				
12									
13									
14									

Figura 2.5.5.B Arandela negra

Figura 3.107: Hoja de diseño de las arandelas ordinarias

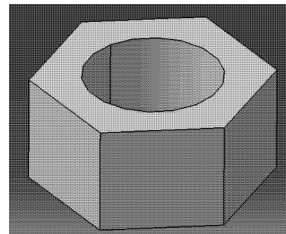


Figura 3.108: Representación 3D de la arandela ordinaria del anclaje del pórtico

Una vez más, se crean las copias que se necesitan de cada componente y acto seguido se vinculan estas piezas con cada hoja de diseño.

3.3. Distribución de los componentes

En esta sección se va a explicar cómo se han determinado el número de repeticiones y las posiciones a ocupar por los pórticos, cierres frontales, correas de fachada, correas de cubierta y arriostramientos. La idea principal es crear patrones de repetición (*Patterns*), mediante los cuales se indicarán estas variables.

En un principio se decide crear una parte vacía en la que únicamente se cargue un patrón de repetición. Para ello se siguen las instrucciones que se encuentran en la web de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) [s]. En ésta se indica cómo crear una parte llamada esqueleto que posiciona todos los elementos de un conjunto, en el ejemplo se colocan todos los ladrillos de un muro.

Primero se crea una parte vacía, seguidamente se crea un *Sketch* que se posiciona con respecto al resto de partes. En este *Sketch* se dibuja el primer punto en el que se va a insertar la parte a repetir. Para poder utilizar este punto como elemento a reproducir en el patrón es necesario determinar que sea un *output*, para ello se selecciona el punto en sí (*Sketch* → *Geometry* → *Point* 1), y se utiliza la operación *Output feature* que aparece en el cuadro de herramientas *Tools*.

A continuación, se pasa a crear el patrón del punto, para ello es necesario cambiar de entorno de trabajo e ir al entorno de superficies (*Generative Shape Design*). Para cambiar de entorno no hay más que elegir la opción *Shape* del desplegable *Start* (ver figura 3.109).

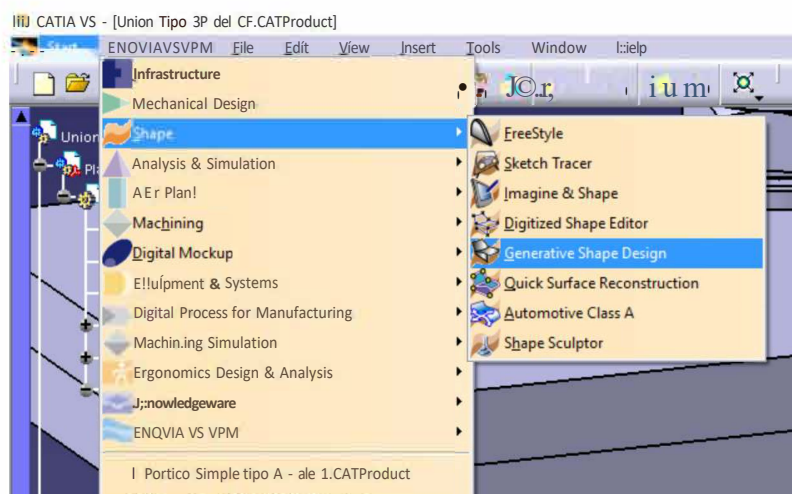


Figura 3.109: Cambio de entorno de trabajo

Dentro de este nuevo entorno de trabajo, se crea el patrón deseado, el cual se vincula con la hoja de diseño de Excel para determinar el número de repeticiones en cada dirección y las distancias entre los puntos.

Una vez que se tiene definido el patrón, se carga la pieza vacía junto con el componente que se quiere repetir, en el conjunto destinado a almacenar la distribución correspondiente. A continuación, se crean las restricciones entre el patrón y la pieza a repetir. Es importante no fijar estas restricciones con el primer punto creado, de lo contrario saltará el error de la figura 3.110, y no se podrán insertar los elementos repetidos.



Figura 3.110: Error producido por vincular la pieza al primer punto del patrón

Sin embargo, una vez que estudiamos en detalle el procedimiento, llevando a cabo un ejemplo sencillo, nos damos cuenta de que existen ciertas limitaciones. La más importante de todas es, que siguiendo este procedimiento, al insertar el resto de componentes utilizando *ReusePattern* no se inserta ninguna pieza en el punto de origen, y sin embargo en el punto en el que se han hecho las conexiones se inserta por duplicado. Esta limitación es crítica, ya que el desarrollo de esta aplicación requiere que todo se haga de forma automática, y por tanto no se puede borrar la pieza extra ni insertar la que falta manualmente.

De manera que se decide tomar un camino alternativo, no tan elegante pero sí más efectivo. Este camino consiste en que la repetición del patrón sea sobre una operación en lugar de sobre un punto. Tal y como se estaba haciendo para el resto de patrones anteriores, lo cuales no nos daban ningún problema. Por tanto, lo primero es decidir la operación que se va a repetir, y fijar sobre qué elemento se hará esta operación.

Lo que se ha decidido es crear unos elementos de diseño para posicionar los pórticos, cierres frontales, correas y arriostramientos. En concreto se han definido una base, unas fachadas y unas semicubiertas de la nave. Estos elementos no son más que placas sobre las que se realizarán y repetirán las operaciones que van a permitir posicionar las piezas. Así mismo, se ha decidido que la operación que se va a repetir es un simple taladro de diámetro 10mm, ya que se considera la opción más sencilla. Pasemos ahora a hablar detalladamente de cada distribución en concreto.

3.3.1. Distribución de pórticos y cierre frontal

Para la distribución de los pórticos y cierres se crea una base, a la cual se le realizan tantos taladros como pórticos haya que incluir para abarcar toda la longitud de la nave. La hoja de diseño de esta base se almacena en el Excel principal y es la que se muestra en la figura 3.111. Como se puede ver, es una hoja muy sencilla en la que se determinan las dimensiones de la placa base (LuzxLongitud), el número de pórticos y separación entre estos (modulación).

$$\text{Número de pórticos} = \frac{\text{longitud}}{\text{modulación}} - 1$$

$$\text{Número de cierres} = 2$$

	A	B	C	D
1	Longitud (mm)	Luz (mm)	Modulación (mm)	Num Pórticos
2	30000	14000	5000	5
3				

Figura 3.111: Hoja de diseño de la distribución de los pórticos y los cierres frontales

A la hora de generar la placa, se hace un Pad, cuyo Sketch se muestra en la figura 3.112, con un espesor de tan solo 1mm.

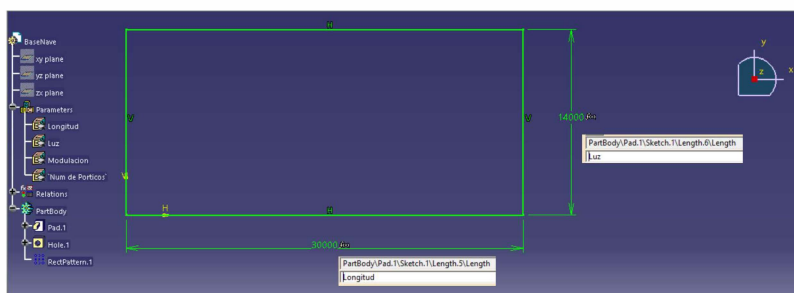


Figura 3.112: Sketch de modelado de la base de la nave

Seguidamente se realiza el taladro para posicionar el primer pórtico y se hace un patrón de esta operación para posicionar el resto de pórticos (de manera análoga a los patrones de taladros que se hacían en los anclajes y las uniones).

Una vez que se tiene definida la base, se carga esta parte junto con un pórtico y dos cierres frontales, en un conjunto que se ha llamado *Distribución de Pórticos tipo ***. Nótese que puesto que hay tres tipos de pórticos, hay tres archivos.

- Distribución de Pórticos tipo A - ale 1
- Distribución de Pórticos tipo A - ale 2
- Distribución de Pórticos tipo B

Con todos los elementos cargados en el conjunto se pasa a crear las restricciones necesarias entre la base y cada componente. Fijando cada cierre frontal en un extremo y el pórtico en el primer taladro. Seguidamente se insertan el resto de pórticos con la opción *ReusePattern*, y el resultado final se muestra en la imagen 3.113. Cabe destacar que se ha creado una única base que se utiliza para las tres distribuciones (una por cada pórtico).

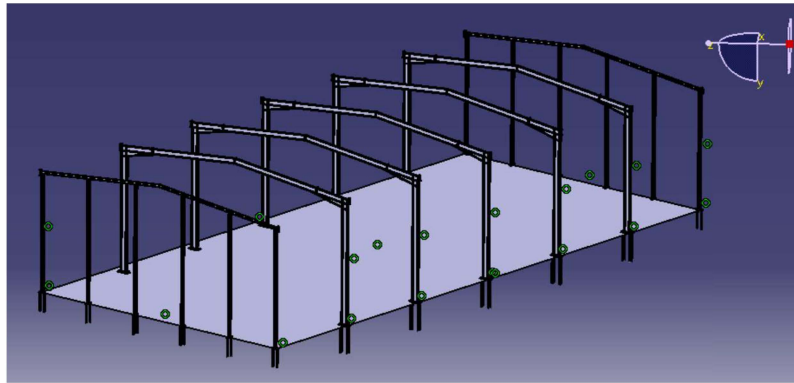
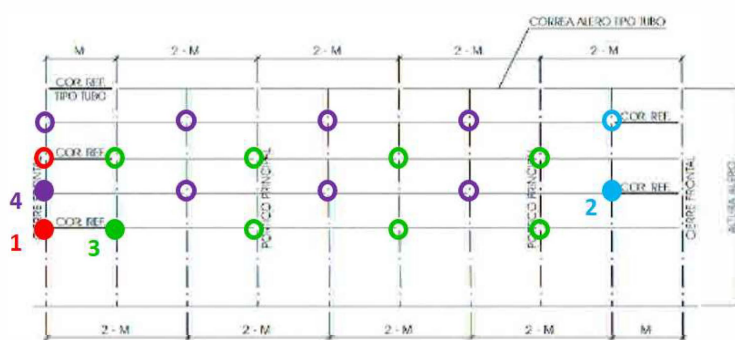


Figura 3.113: Distribución de los cierres frontales y los pórticos de tipo A ale-1

3.3.2. Distribución de correas de fachada

Antes de explicar la distribución de las correas de fachada hay que pararse un momento a estudiar la geometría de las mismas. En la figura 3.114 se puede ver que la línea superior de correas se corresponde con las de alero. Estas correas ya se han definido anteriormente y no se introducen en esta distribución, sino que se añaden posteriormente en el ensamblaje final de la nave. Por otra parte, se puede ver que la geometría varía en función de si la nave presenta un número de módulos par o impar. Según esto, si el número es par habrá dos correas de refuerzo en algunas de las líneas y ninguna en las otras. Mientras que si el número es impar, habrá una única correa de refuerzo en cada línea. Evidentemente, esta condición (par o impar) es esencial a la hora de crear la hoja de diseño de esta distribución.

Pasemos a definir los patrones que se van a utilizar para insertar las correas. En la imagen 3.114 se pueden ver 4 puntos marcados, cada uno de un color. Estos puntos son los seleccionados para fijar el inicio de los 4 patrones que se van a llevar a cabo. Los puntos 1 y 2 son los responsables de los patrones para las correas de refuerzo, y los puntos 3 y 4 para las correas tipo. En la figura ?? se ve la distribución completa de todos los patrones y cómo estos definen la geometría de las correas. Estos patrones quedarán definidos indicando la posición del punto principal y la distancia entre las repeticiones.



Número IMPAR de módulos

Figura 3.116: Esquema de los patrones para la distribución de las correas de fachada de una nave con número de módulos impar

Por otra parte, es importante observar que las líneas de correas de la fachada **no** comienzan sobre el suelo, sino que están siempre a una distancia fija de este. Para hallar el valor de la distancia se ha acudido a los planos DXF (figura 3.117), y se ha comprobado que efectivamente esta distancia siempre mide 1022.5 mm. Así mismo, la diferencia entre la distancia entre las líneas (1561 mm para el caso de la figura 3.117) y la distancia entre el alero y la viga de atado (1440.5 mm para el caso de la figura 3.117) vale siempre 120.5 mm o 122.5mm (120.5 mm para el caso mostrado), de manera que se fija a 121.5 mm. Así pues, el número de líneas de correas y la distancia entre estas se corresponde con:

$$n_{\text{líneas}} = \text{Entero superior} \left(\frac{\text{Altura} - 1022.5 \text{ mm} - 121.5 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \right)$$

$$d_{\text{líneas}} = \frac{\text{Altura} - 1022.5 - 121.5 \text{ mm}}{n_{\text{líneas}}}$$

Para la primera ecuación se ha supuesto la distancia máxima entre líneas de 2.2 metros y posteriormente, luego se toma el primer entero superior para fijar el número de líneas, de manera que la distancia entre líneas será menor, concretamente la definida en la segunda ecuación.

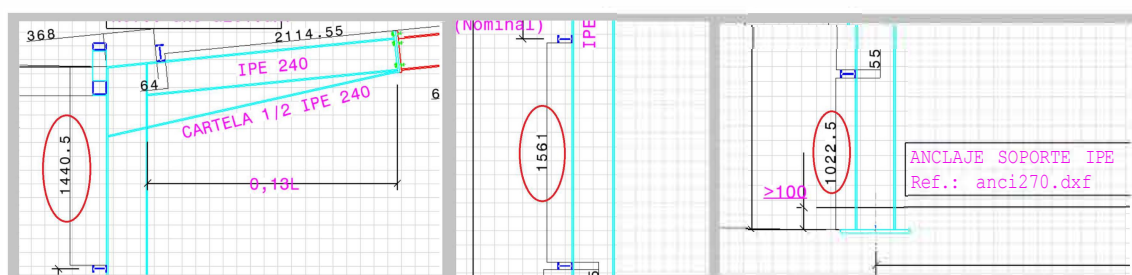


Figura 3.117: Fragmento acotado de un plano DXF de la guía DEANIL

Pasemos ahora a detallar las variables que definen la geometría de estos patrones. Para empezar, hay que determinar la posición de cada punto y a continuación la distancia entre las repeticiones. En el siguiente cuadro se muestran todos los valores. El origen de los ejes de coordenadas se ha situado en el suelo a la izquierda de la fachada.

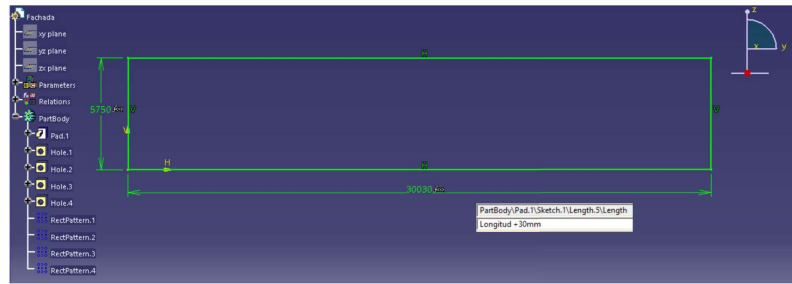


Figura 3.119: Sketch para el modelado de la fachada de la nave

Una vez que se tiene definida la fachada, se generan los patrones de los taladros, de acuerdo con los valores que se enumeraban en el recuadro 3.5. Una vez hecho esto se insertan en un nuevo conjunto la fachada y dos correas atornilladas de cada tipo, una para cada patrón correspondiente. Seguidamente se crean las restricciones necesarias entre cada correa y el taladro correspondiente. Por último, se insertan el resto de correas haciendo uso de los patrones que se han creado.

En la figura 3.120 se puede ver el resultado final. Así mismo, en la figura siguiente se muestra cómo queda la distribución de correas una vez que se ha ocultado la fachada, junto con algunos detalles.

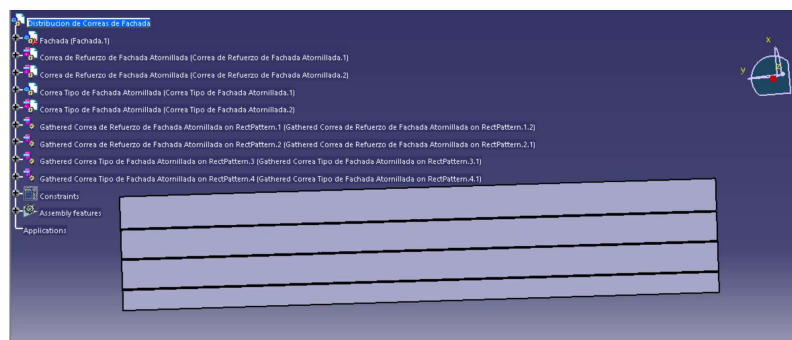


Figura 3.120: Distribución de las correas de fachada junto con la fachada de posicionamiento

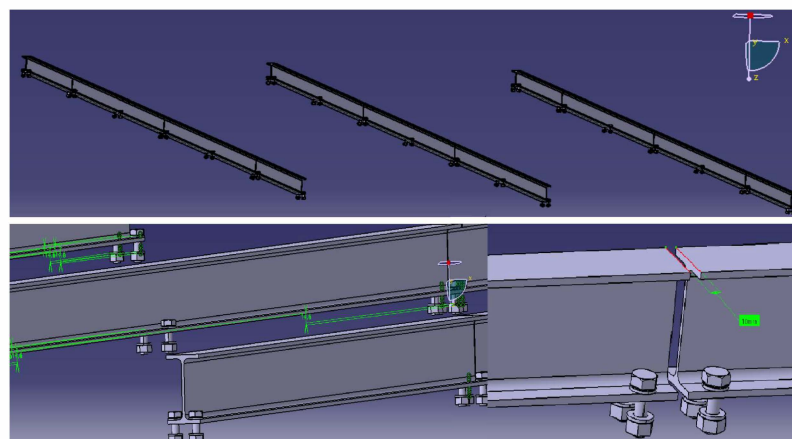


Figura 3.121: Detalles de la distribución de las correas de fachada

3.3.3. Distribución de correas de cubierta

El proceso seguido para definir la distribución de las correas de la cubierta es análogo al anterior. En la figura 3.122 se puede ver un esquema de la distribución. Donde nuevamente se han marcado los puntos principales para definir los patrones. Obsérvese que la principal diferencia con el caso anterior es que la semicubierta izquierda y la derecha son diferentes para el caso impar, debido a la alternancia de líneas. Es por ello que se ha decidido definir cada semicubierta por separado, y por tanto se duplica el número de patrones.



Figura 3.122: Esquema de la distribución de las correas de cubierta (Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Página 212)

De manera que la distribución de todos los puntos que se deben generar con los patrones se muestran en las figuras 3.123 y 3.124, para los casos par e impar, respectivamente.

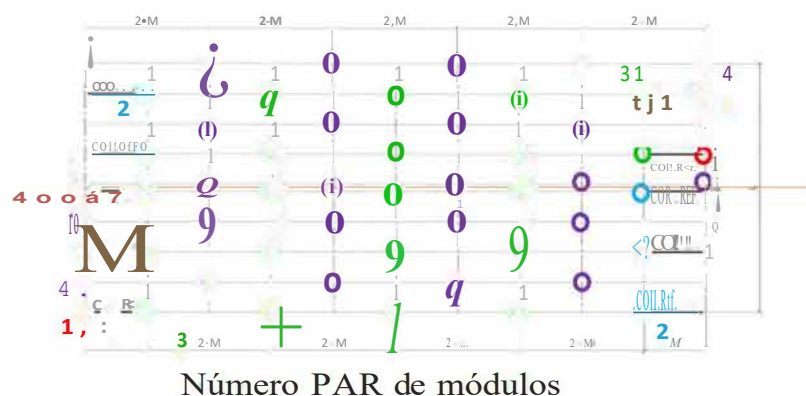


Figura 3.123: Esquema de los patrones de la distribución de las correas de cubierta de una nave con número de módulos par

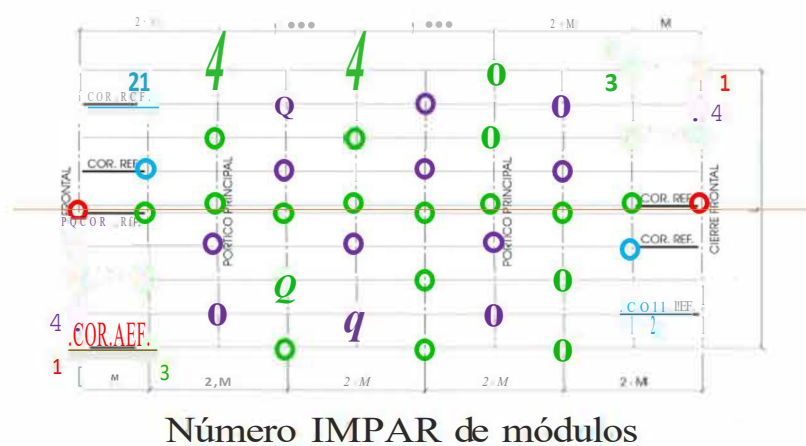


Figura 3.124: Esquema de los patrones de la distribución de las correas de cubierta de una nave con número de módulos impar

A continuación se muestran dos tablas en las que se recoge la información necesaria para la definición de los patrones completos. Es decir, la posición de los puntos principales, el número de repeticiones en cada dirección y la distancia entre las repeticiones. Nótese que se han definido dos orígenes para los ejes de coordenadas, uno para cada semicubierta.

- SEMICUBIERTA IZQUIERDA

		Módulos	Posición	Repeticiones	Dist.
CORREAS DERE- FUERZO	Punto 1	INDIF.	$x = 0 \text{ mm}$ $y = 1022.5 \text{ mm}$	1 Redondeo Arriba(n/2)	- 2d
	Punto 2	PAR	$X = L - M$ $y = 368 \text{ mm}$	1 Redondeo Arriba(n/2)	- 2d
		IMPAR	$X = L - M$ $y = 368 \text{ mm} + d$	1 Redondeo Abajo(n/2)	- 2d
CORREAS TIPO	Punto 3	PAR	$x = M$ $y = 368 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1$ Redondeo Arriba(n/2)	2M 2d
		IMPAR	$x = M$ $y = 1022.5 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1/2$ Redondeo Arriba(n/2)	2M 2d
	Punto 4	PAR	$x = O$ $y = d + 1022.5 \text{ mm}$	$L/(2M)$ Redondeo Abajo(n/2)	2M 2d
		IMPAR	$x = O$ $y = d + 368 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1/2$ Redondeo Abajo(n/2)	2M 2d

Tabla 3.6: Tabla con los parámetros de los patrones de la distribución de correas en la semicubierta izquierda

- SEMICUBIERTA DERECHA

		Módulos	Posición	Repeticiones	Dist.
CORREAS DE RE- FUERZO	Punto 1	PAR	$x = 0 \text{ mm}$ $y = d + 368 \text{ mm}$	1 Redondeo Abajo(n/2)	- 2d
		IMPAR	$x = O$ $y = 368 \text{ mm}$	1 Redondeo Arriba(n/2)	- 2d
	Punto 2	PAR	$X = L - M$ $y = d + 368 \text{ mm}$	1 Redondeo Abajo(n/2)	- 2d
		IMPAR	$x = L - M$ $y = d + 368 \text{ mm}$	1 Redondeo Abajo(n/2)	- 2d
CORREAS TIPO	Punto 3	PAR	$x = M$ $y = d + 368 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1$ Redondeo Abajo(n/2)	2M 2d
		IMPAR	$x = M$ $y = 368 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1/2$ Redondeo Arriba(n/2)	2M 2d
	Punto 4	PAR	$x = O$ $y = 368 \text{ mm}$	$L/(2M)$ Redondeo Arriba(n/2)	2M 2d
		IMPAR	$x = O$ $y = d + 368 \text{ mm}$	$L/(2M) - 1/2$ Redondeo Abajo(n/2)	2M 2d

Tabla 3.7: Tabla con los parámetros de los patrones de la distribución de correas en la semicubierta derecha

Toda la información de las tablas anteriores se recoge en la hoja de diseño de la distribución de las correas de cubierta que se muestra a continuación. Nótese que la información se ha separado en semicubierta izquierda y semicubierta derecha.



Figura 3.125: Hoja de diseño de la distribución de las correas de cubierta

Una vez que se tienen definidos todos los parámetros necesarios, se sigue el mismo procedimiento que en el caso anterior. Se crean dos semicubiertas para la nave que van a servir como elemento auxiliar para posicionar las correas. Se crean todos los taladros necesarios y se insertan las partes en un conjunto. El resultado final se muestra a continuación.

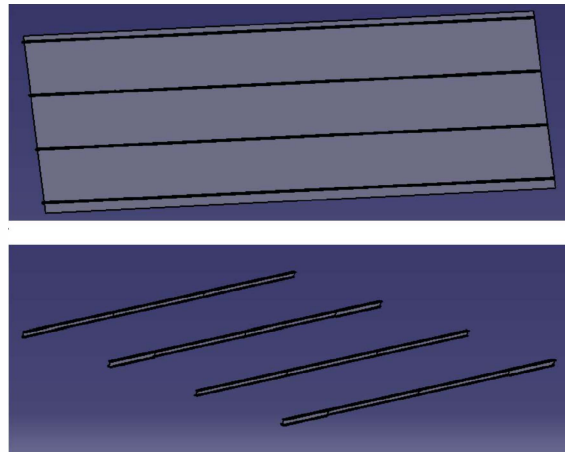


Figura 3.126: Hoja de diseño de la distribución de las correas de cubierta

3.3.4. Nave solución

Por último, se procede al ensamblaje de la nave completa. Para ello se cargan en un nuevo conjunto las distribuciones de los pórticos, los cierres frontales, las correas. Se hace uso de los elementos auxiliares de diseño: base, fachada y semicubierta para posicionar los elementos entre sí más fácilmente y de manera unívoca. El resultado obtenido se muestra en la figura 3.127

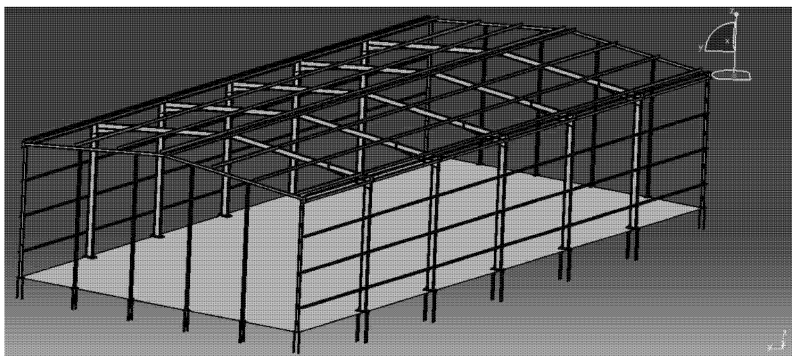


Figura 3.127: Representación 3D de la nave B-1.1

Capítulo 4

Manual de usuario

"El hombre nunca sabe de lo que es capaz
hasta que lo intenta."
- Charles Dickens.

4.1. Manual de usuario

En este capítulo se va a explicar cómo hacer uso de la aplicación que se ha desarrollado. Para empezar, es necesario guardar la carpeta con el nombre *TFG - Paloma de la Rosa Garrido* en el disco duro D. Es de vital importancia no cambiar, ni los nombres de los archivos y carpetas, ni su ubicación, para un correcto funcionamiento. Puesto que las relaciones entre los entornos requieren de las direcciones de archivo. Una vez que se tiene almacenada toda la información se puede empezar a hacer uso de la aplicación. Para explicar fácilmente el proceso a seguir se va a exponer un ejemplo.

4.1.1. Variables de la consulta

Lo primero que hay que hacer es abrir el libro de Excel *Entrada Datos Nave.xls* que, si se ha almacenado correctamente, debe estar ubicado en *D: \ TFG - Paloma de la Rosa Garrido \ Excel*. Al abrirlo aparece el cuadro de texto mostrado en la figura 4.1. En este cuadro es importante elegir la opción "Actualizar" para que no se pierdan los vínculos presentes en el libro. De esta manera se garantiza un correcto enlace de los libros de Excel entre sí y con la base de datos, además de entre las propias celdas de cada libro

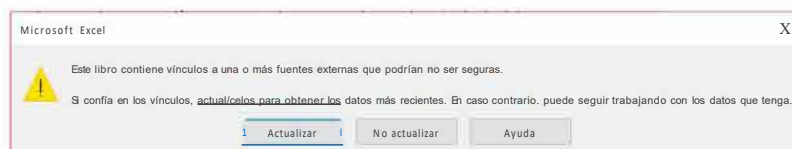


Figura 4.1: Aviso de actualización de vínculos del libro Excel

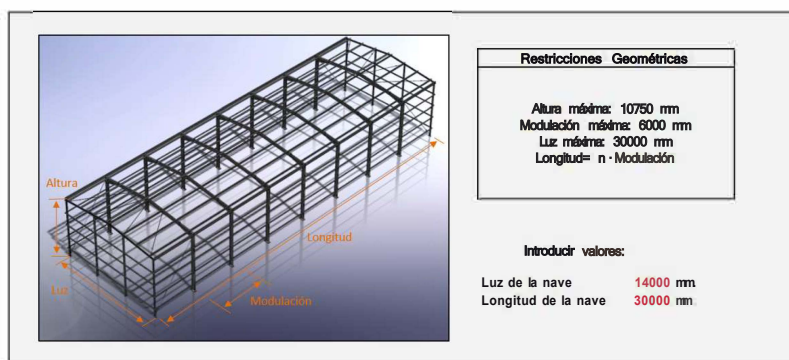
Una vez que se tienen actualizados los vínculos se pasa a introducir los valores de la consulta que se desea hacer. Para la ilustración se toma:

- $Luz = 14m$

- Altura de alero = 5.75m
- Modulación = 5m
- Longitud de la nave = 30m
- Pendiente de cubierta= 0.1 % - FIJA
- Presencia de puente grúa = NO - FIJA
- Sobrecarga de Nieve = 80 KP/m^2 - FIJA para 3D
- Sobrecarga de viento = Normal - FIJA para 3D

Es importante destacar aquí que, si bien las cuatro primeras variables pueden tomar el valor deseado (dentro de su rango de valores permitido) el resto son fijas a la hora representar en 3D la nave. No obstante, si en lugar de la representación 3D, sólo se busca recoger todos los datos de la tabla DEANIL a través de la aplicación, se pueden variar las sobrecargas de viento y nieve. Puesto que en este ejemplo queremos mostrar todo lo que es capaz de hacer la aplicación nos quedamos con las sobrecargas fijas.

En la primera hoja de cálculo se introducen el valor de la luz y la longitud y en la segunda la altura, modulación, pendiente y sobrecargas. Tal y como se muestra en las figuras 4.2 y 4.3. Obsérvese que los datos deben ser introducidos en milímetros.



Restricciones Geométricas	
Altura máxima:	10750 mm
Modulación máxima:	6000 mm
Luz máxima:	30000 mm
Longitud=	n · Modulación

Introducir valores:

Luz de la nave	14000 mm
Longitud de la nave	30000 mm

Figura 4.2: Hoja en la que se indican la luz y la longitud de la nave

PROYECTO		
AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO 3D DE NAVES LIGERAS		
DATOS DE ENTRADA		
Luz de la nave	14000	mm
Altura de alero	5750	mm
Pendiente de la cubierta	0,1	%
Modulación	5000	mm
Longitud de la nave	30000	mm
Sobrecarga de nieve	80	Kg/m2
Sobrecarga de viento	Normal	
<div>Resetear Valores</div>		
NAVE SOLUCIÓN: N1-4		
Nave Tipo: B		
Ir a Nave con Luz menor 20m y ejecutar la macro		

Figura 4.3: Hoja en la que se indican el resto de variables de entrada de la consulta

Cabe destacar que en la primera hoja se indican las restricciones geométricas de la nave. Si se incumple alguna de estas restricciones aparecerá un cuadro de error explicativo, de esta manera se evita que se introduzcan valores fuera de rango por equivocación. Por ejemplo si se intenta introducir una luz mayor a 30m aparece el cuadro de error de la figura 4.4, y análogamente con el resto de variables.

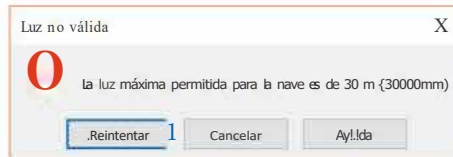


Figura 4.4: Aviso de luz fuera de rango

Una vez que se han incluido los valores de la consulta, en la segunda hoja aparece el tipo y la referencia de la nave solución (ver figura 4.3). Acorde con esta información, en las celdas amarillas de la parte inferior de la hoja se indica a que hoja hay que ir para cargar la información de la base de datos (ejecutando la macro). En esta ocasión hay que "Ir a Nave con Luz menor de 20m y ejecutar la macro", la hoja correspondiente a una nave con luz menor que 20m es la cuarta y se llama de manera inequívoca Nave_con-luz_menor_20m. Por tanto, se va a la cuarta hoja y se hace clic sobre el botón de la macro que se llama *Ejecutar MACRO para Nave con Luz menor de 20 metros* (ver imagen 4.5). De manera que toda la información de la base de datos relativa al caso consultado aparece en los cuadros de esta hoja. Así mismo en la esquina superior izquierda se ha actualizado cuál es la nave solución de este caso (Nave-B.1.1 para el ejemplo).

PROYECTO							
AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO 3D DE NAVES LIGERAS				LA NAVE SOLUCIÓN ES 'NAVE-B.1.1'			
RESULTADOS				<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> Ejecutar MACRO para Nave con Luz menor de 20 metros </div>			
NAVE SOLUCIÓN: N1-4				<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Ir a General si se quieren ver las Hojas de Datos </div>			
DATOS DE LA NAVE							
Nave	Pónico	Cierrerrontal	correa tachada	correa cublena	Aniostramiento cublena	Aniostramiento tachada	Atado en alero
N1-4	P1-5A	CF1-2	d100a	cc120	wcub16	airfac16	atacdo100
DATOS DEL PORTICO							
REFERENCIA	SOPORTE IPE	DINTEL IPE	ANCLAJE SOPORTE IPE	UNIÓN TIPO 2	UNIÓN CUMBRERA	UNIÓN ALERO	
P1-5A	IP1-300	IP1-240	ANC1300	UN2-240	UNS-CUM	UNSA1.E1	
DATOS DEL SOPORTE DEL PÓRTICO							
Perfil	Canto(mm)	Ala(mm)	Espesor Ala (mm)	Espesor Alma (mm)	Radio(mm)	Peso(kg/m)	
IP1-100	300	150	107	71	15	12.2	

Figura 4.5: Hoja en la que se ejecuta la macro y se guarda el libro de Excel

Una vez que se ha cargado toda la información, hay que guardar los cambios realizados en el Excel. Para ello es necesario que se utilice el botón que se ha creado específicamente con este fin, en lugar del propio de Excel. Al seleccionar el botón de guardado aparecerá el cuadro de texto de la figura 4.6 que nos indica que el libro secundario ha sido correctamente actualizado.

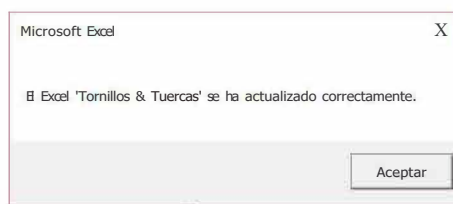


Figura 4.6: Aviso de la actualización del Excel secundario

Por tanto, ya se tienen todos los parámetros de cada piezas almacenados correctamente en ambos libros de Excel. Si se desea consultar las hojas de diseño, en la sexta hoja se muestra un listado de todas las hojas que están ocultas, y a la derecha de la misma hay una serie de botones que permiten mostrarlas y ocultarlas (ver imagen 4.7). Además, el libro secundario de Excel está almacenado en la misma carpeta que el principal y si se desea puede ser consultado también.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Longitud (mm)	Luz (mm)	Modulación (mm)	Altura (mm)	Ángulo Cubierta (mm)									
2	30000	22500	5000	5750	5,710593137									
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														

Figura 4. 7: Listado de las hojas de diseño disponibles para consulta en el libro principal del Excel

Es importante que, antes de abrir ningún archivo de CAD, se cierre el libro de Excel. Ya que de lo contrario los tiempos de espera para la apertura de las piezas de Catia se alargan notablemente.

4.1.2. Archivos de CAD

Las medidas de las partes y los conjuntos que se generan en Catia varían de una consulta a otra, en relación a las variables de parametrización. Por tanto, a la hora de consultar los archivos CAD se aconseja que se haga de forma ordenada para evitar errores, siguiendo el listado correspondiente que se muestra a continuación. Nótese que, puesto hay dos tipos principales de nave (con pórtico tipo A y con pórtico Tipo B), con componentes dispares, $h_{a y}$ dos procedimientos de apertura.

Por otra parte, conforme se van abriendo los archivos $h_{a y}$ que ir actualizando las medidas, para ello no $h_{a y}$ más que utilizar la opción *Update all*.

Naves B.1.1 y B.1.2

Para el caso de naves con pórtico de Tipo A el orden de apertura de los componentes es el que se muestra a continuación en la lista.

- Anclaje del pórtico
- Unión tipo 2
- Pórtico correspondiente (Nave-Bl.1 =e; Pórtico tipo A - ale 1; Nave-Bl.2 =e; Pórtico tipo A - ale 2)
- Dintel del cierre frontal
- Soporte interior del cierre frontal
- Cierre frontal CF1

- Distribución de pórticos correspondiente
- Distribución de correas de fachada
- Distribución de correas de cada semicubierta
- Nave final

Para el caso del ejemplo que se está mostrando la evolución sería la siguiente. Nótese que los elementos sin actualizar aparecen en rojo, y una vez que se actualizan (*Update All*) pasan a su color normal.

- Anclaje del pórtico

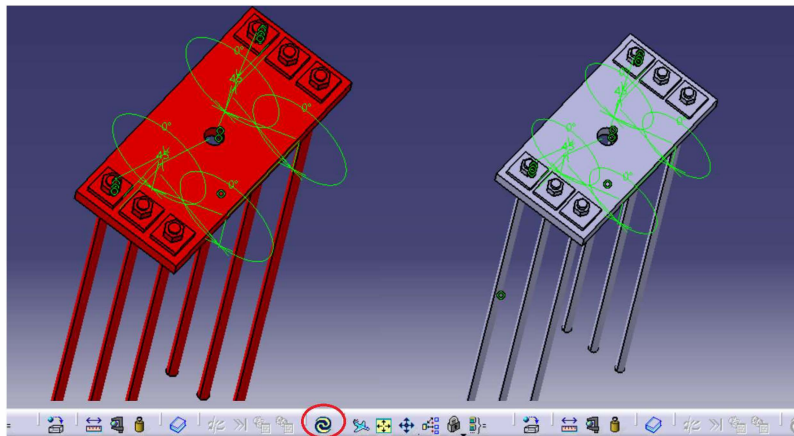


Figura 4.8: Anclaje del pórtico antes y después de actualizarlo

- Unión tipo 2

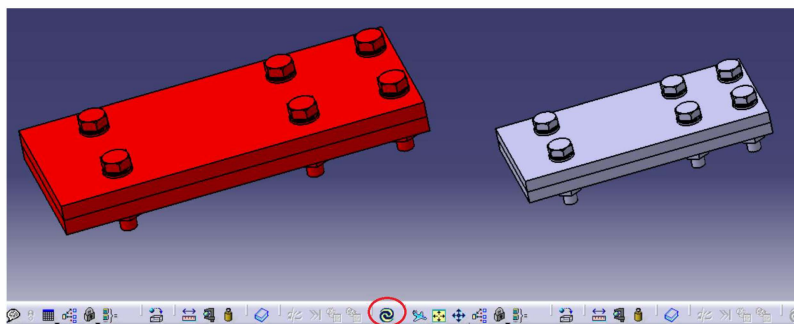


Figura 4.9: Unión tipo 2 del pórtico antes y después de actualizarla

- Pórtico Tipo A ale-1

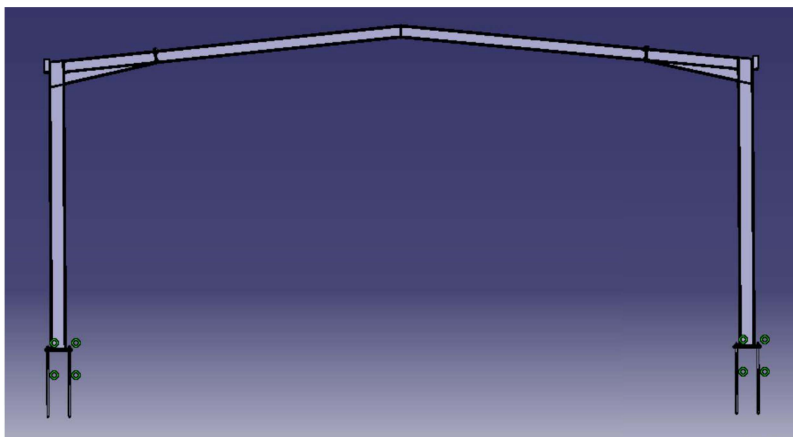


Figura 4.10: Pórtico tipo A ale-1 actualizado

- Dintel del cierre frontal

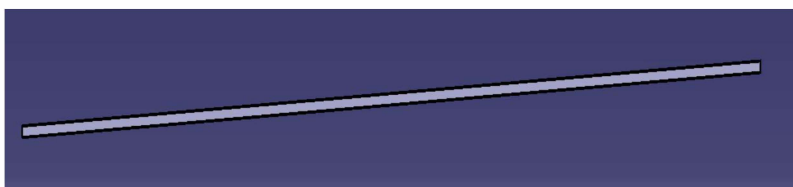


Figura 4.11: Dintel del cierre frontal actualizado

- Soporte interior del cierre frontal

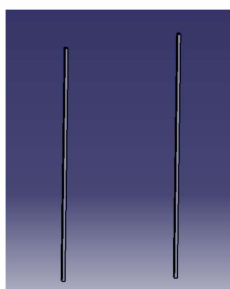


Figura 4.12: Soportes interiores del cierre frontal actualizados

- Cierre frontal CF1

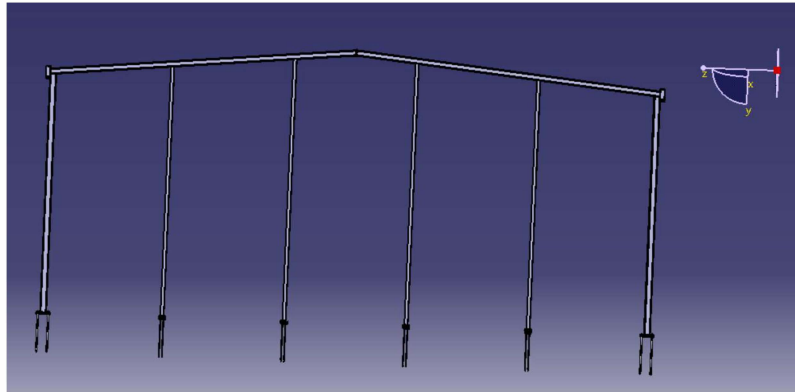


Figura 4.13: Cierre frontal de pórtico actualizado

- Distribución de pórticos tipo A ale-1

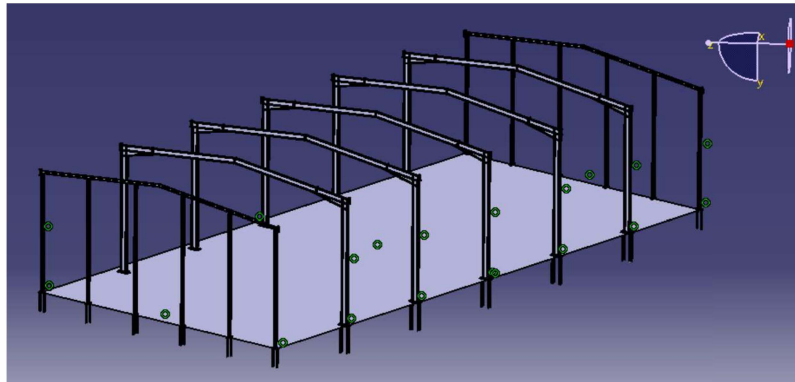


Figura 4.14: Distribución de pórticos actualizados

- Distribución de correas de fachada

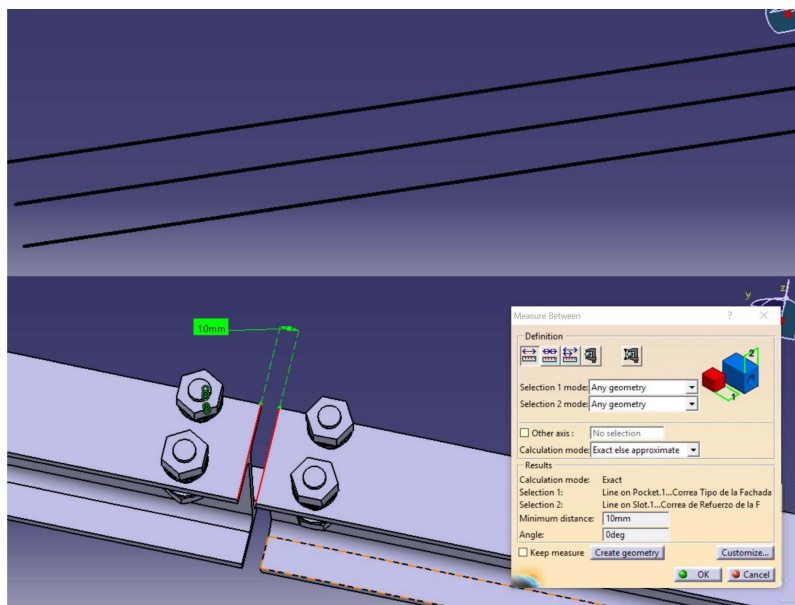


Figura 4.15: Distribución de correas de fachada actualizadas

- Distribución de correas de cada semicubierta



Figura 4.16: Distribución de correas de cubierta actualizadas

- Nave final Nave - B.1.1



Figura 4.17: Nave B-1.1 actualizada

Nave B.2

- Anclaje del pórtico
- Unión tipo 1
- Unión tipo 3
- Pórtico tipo B
- Dintel del cierre frontal
- Soporte interior del cierre frontal
- Cierre frontal CFI
- Distribución de pórticos correspondiente
- Distribución de correas de fachada
- Distribución de correas de cada semicubierta
- Nave final

Error común de restricciones

Es posible que, a pesar de seguir el orden detallado anteriormente, aparezca un error como el de la figura 4.18. En este error se indica que algunas de las restricciones definidas no se han podido cumplir y se han ignorado. Por ejemplo en el caso que se presenta en la imagen se han ignorado las restricciones *Offset.54* y *Offset.47*.

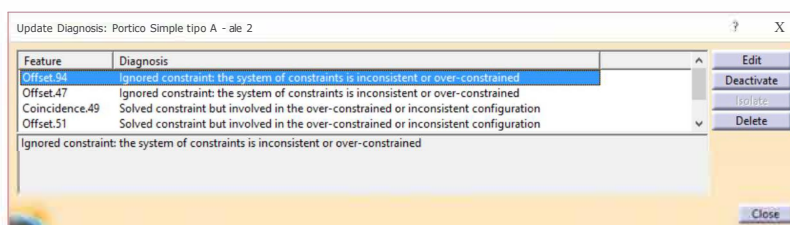


Figura 4.18: Aviso de restricciones ignoradas en el ensamblaje

Este tipo de errores se da cuando Catia no ha cargado la nueva información de alguna de las piezas del conjunto, de manera que hay piezas mal dimensionadas.

Si aparece este error, hay que seleccionar *Glose*, nunca ninguna de las otras opciones. Acto seguido h_{ay} que ir al árbol del conjunto, desplegar la lista de restricciones y encontrar las que están dando problemas (aparecen marcadas con una espiral idéntica a la del botón de actualizar). En este caso, las restricciones *Offset.54* y *Offset.47* se muestran a continuación.

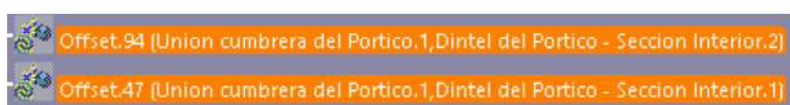


Figura 4.19: Restricciones ignoradas en el ensamblaje

Como se puede ver, ambas restricciones tienen en común la unión cumbre del pórtico así que este es el elemento que está causando el problema. Hacemos zoom en la zona y vemos que efectivamente esta es la pieza incorrecta (ver figura 4.20).

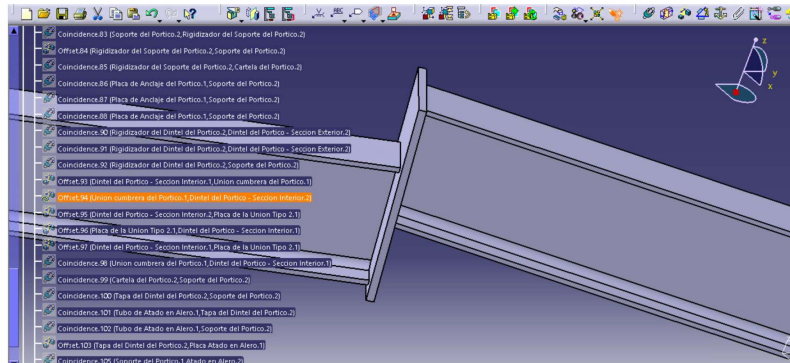


Figura 4.20: Localización de la pieza sin actualizar

Una vez que se tiene localizado el elemento causante del error, se busca en el árbol y se intenta desplegar los parámetros de éste (ver figura 4.21). Al hacer esto, Catia accede nuevamente a la información de la parte y rectifica su error, de manera que ahora la pieza aparece roja y lista para actualizar. Acto seguido h_{ay} que actualizar la pieza y las restricciones pasan a ser compatibles con el resto del conjunto, quedando resuelto el error.

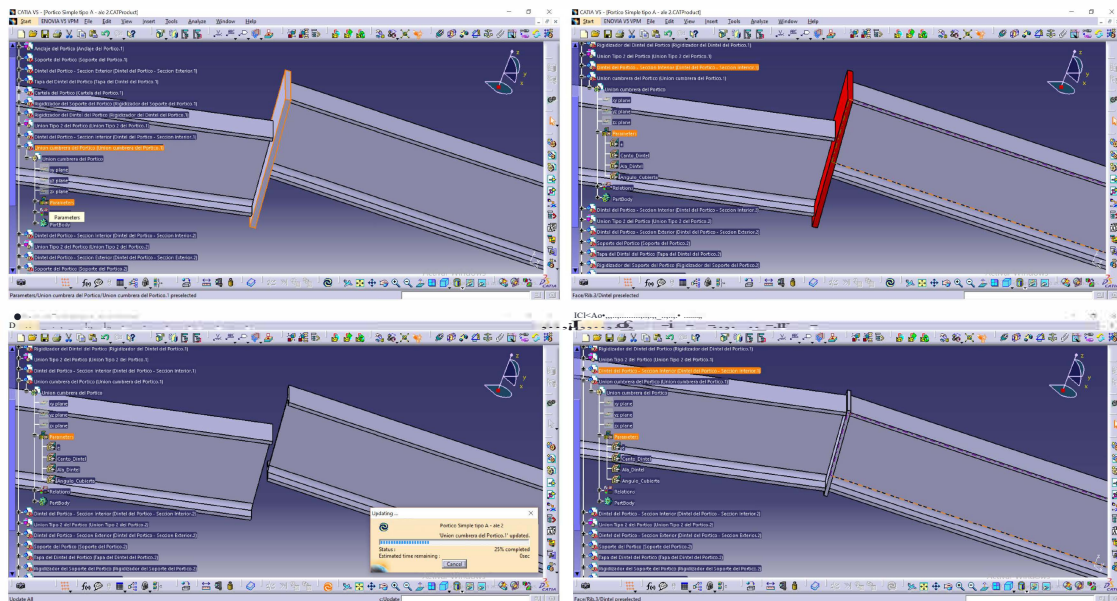


Figura 4.21: Actualización de la pieza

En caso de no resolver el error, iniciar el proceso sin guardar el último conjunto abierto. Es importante no guardarlo para evitar que quede dañado de manera permanente.

Capítulo 5

Resumen y Conclusiones

"El hombre nunca sabe de lo que es capaz
hasta que lo intenta."
- Charles Dickens.

5.1. Resumen

En resumen, para llevar a cabo este proyecto lo primero que se ha hecho es realizar un listado de todas las partes involucradas en el caso considerado (nave de un único pórtico simple en configuración de carga tipo B). Este proceso se detalla en el anexo 1 y los resultados obtenidos se muestran a continuación.

- Pórticos: Pl-4A, Pl-5A, Pl-7A, Pl-8A, Pl-9A, Pl-10A, Pl-12A, Pl-13A, Pl-14A, Pl-16A, Pl-17A, Pl-18A, Pl-20A, Pl-21A, Pl-22A, Pl-23A, Pl-3B, Pl-4B, Pl-5B, Pl-6B, Pl-7B, Pl-9B, Pl-10B, Pl-11B, Pl-12B y Pl-13B.

- Cierre frontal: CFl-1, CFl-2, CFl-3, CFl-4, CFl-5, CFl-6, CFl-7, CFl-8, CFl-9, CFl-10, CFl-11, CFl-12, CFl-13, CFl-14, CFl-15 y CFl-16.

- Correa fachada: cflOOa y cflüüb.

- Correa cubierta: cc120 y cc140b.

- Arriostramientos cubierta: arrcub16.

- Arriostramientos fachada: arrfac16, arrfac20, arrfac25, arrfac30 y arrfac36.

- Atado alero: atadolOO.

- Perfil IPE: IPE-120, IPE-140, IPE-160, IPE-180, IPE-200, IPE-220, IPE-240, IPE-270, IPE-300, IPE-330, IPE-360, IPE-400, IPE-450, IPE-550 y IPE-600.

- Anclaje: ancil20, ancil40, ancil60, ancil80, ancil200, ancil220, ancil270, ancil300, ancil330, ancil260, ancil400, ancil450, ancil500 y ancil600.

- Unión tipo 1: unl-330b, unl-360b, unl-400a, unl-400b, unl-450 y unl-500.

- Unión tipo 2: un2-240, un2-270, un2-300, un2-330, un2-360 y un2-400.

- Unión tipo 3: un3-330, un3-360, un3-400, un3-450 y un3-500.

- Unión cumbrera: uns-cum.
- Unión alero: uns-alel y uns-ale2.
- Unión tipo 1P: un1P-120, un1P-140 y un1P-160.
- Unión tipo 2P: un2P-120, un2P-140 y un2P-160.
- Unión tipo 3P: un3P-120, un3P-140 y un3P-160.

Seguidamente, se ha actualizado la base de datos ya existente en base a los datos recogidos. Esta base consta de 17 tablas almacenadas de la guía DEANIL, de las cuales 6 han sufrido cambios.

Nombre de la Tabla	Tabla de DEANIL	Ubicación en DEANIL
Arriostramientos	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 249 y 250
Atado alero	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 230
Cierres frontales	Tabla CFI	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 190
Correas de cubierta	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 213
Correas de fachada	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 219
Naves	Tabla NI.2	Tomo 2. Capítulo 4: Tablas de datos. Pág. 112
Perfiles IPE	-	-
Placas de anclaje *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 251-255
Pórticos tipo A	Tabla Pl.A	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 148
Pórticos tipo B	Tabla Pl.B	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 153
Unión tipo 1 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 259-261
Unión tipo 1P *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 276
Unión tipo 2 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 262
Unión tipo 2P *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 277
Unión tipo 3 *	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 263
Unión tipo 3P	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 279
Vigas atado	-	Tomo 2. Anexo 5: Dibujos. Pág. 230

Tabla 5.1: Listado de las tablas recogidas en la base de datos de Access

Una vez que se tiene toda la información necesaria almacenada, se ha pasado a definir cada parte y cada conjunto en el programa de 3D Catia. Así como las hojas de diseño asociadas a cada uno de estos elementos, dichas hojas han sido almacenadas en Excel. Además, se han ido vinculando con el elemento que se está parametrizando en la misma.

En las tablas 5.2 y 5.3 se muestra un listado de todas las partes y los conjuntos que se han creado en el programa 3D Catia, que como ya hemos dicho responden a dos categorías:

- CATIA Part
- CATIA Product

Obsérvese que las tablas se han ordenado según las carpetas en las que se encuentra almacenado cada archivo. Debido a la longitud de la tabla completa, se ha tenido que dividir la información en 2 tablas más pequeñas. Como se puede ver en el listado, se han generado un total de 73 Parts y 22 products.

Nave de un Pórtico Simple - Tipo B			
Carpeta Principal	Subcarpeta	Nombre	Tipo de archivo
Naves	-	Nave B.1.1	CATIA Product
		Nave - B.1.2	CATIA Product
		Nave - B.2	CATIA Product
Pórticos	Anclaje del Pórtico	Arandela del Anclaje del Pórtico	CATIA Part
		Perno del Anclaje del Pórtico	CATIA Part
		Placa del Anclaje del Pórtico	CATIA Part
		Anclaje del Pórtico	CATIA Product
	Unión Alero	Rigidizador del Dintel del Pórtico	CATIA Part
		Rigidizador del Soporte del Pórtico	CATIA Part
		Rigidizador Triangular del Pórtico	CATIA Part
		Tapa del Dintel del Pórtico	CATIA Part
		Tapa del Soporte del Pórtico	CATIA Part
	Unión de Tipo 1	Placa de la Unión Tipo 1	CATIA Part
		Unión Tipo 1	CATIA Product
	Unión de Tipo 2	Placa de la Unión Tipo 2	CATIA Part
		Union Tipo 2	CATIA Product
	Unión de Tipo 3	Placa de la Union Tipo 3	CATIA Part
		Union Tipo 3	CATIA Product
	-	Cartela del Portico	CATIA Part
		Dintel del Portico - Enterizo	CATIA Part
		Dintel del Portico - Seccion Exterior	CATIA Part
		Dintel del Portico - Seccion Interior	CATIA Part
		Soporte del Portico	CATIA Part
		Union Cumbra del portico	CATIA Part
		BaseNave	CATIA Part
		Portico Siple Tipo A - ale 1	CATIA Product
		Portico Siple Tipo A - ale 2	CATIA Product
		Portico Siple Tipo B	CATIA Product
		Distribucion de Porticos Siple Tipo A - ale 1	CATIA Product
		Distribucion de Porticos Siple Tipo A - ale 2	CATIA Product
		Distribucion de Porticos Siple Tipo B	CATIA Product
Cierre Frontal (CF)	Anclaje del Cierre Frontal	Arandela del Anclaje del CF	CATIA Part
		Perno del Anclaje del CF	CATIA Part
		Placa del Anclaje del CF	CATIA Part
		Anclaje del CF	CATIA Product
	Unión de Tipo 1P	Tapa del Dintel del CF	CATIA Part
		Tapa del Soporte del CF - Union Tipo 1P	CATIA Part
		Union Tipo 1P del CF	CATIA Product
	Unión de Tipo 3P	Placa de la Union Tipo 3P	CATIA Part
		Union Tipo 3P del CF	CATIA Product
	-	Soporte Exterior del CF	CATIA Part
		Soporte Interior del CF	CATIA Part
		Dintel del CF	CATIA Part
		Cierre Frontal - Tipo CF1	CATIA Product
Correas de fachada		Correa de Refuerzo de la Fachada	CATIA Part
		Correa de Refuerzo en Tubo de la Fachada	CATIA Part
		Correa Tipo de la Fachada Lateral	CATIA Part
		Correas de Alero - Correas Tubo de la Fachada	CATIA Part
		Viga de Atado de Porticos OPCIONAL - Correa Tipo en Tubo	CATIA Part
		Fachada	CATIA Part
		Correa de Refuerzo de Fachada Atornillada	CATIA Product
		Correa Tipo de Fachada Atornillada	CATIA Part
		Distribucion de Correas de Fachada	CATIA Part

Tabla 5.2: Listado de partes y products de CATIA

Nave de un Pórtico Simple - Tipo B (Continuación)			
Carpeta Principal	Subcarpeta	Nombre	Tipo de archivo
Correas de Cubierta	-	Correa de Refuerzo de la Cubierta	CATIA Part
		Correa Tipo de la Cubierta	CATIA Part
		Semicubierta Izquierda	CATIA Part
		Semicubierta Derecha	CATIA Part
		Correa de Refuerzo de Cubierta Atornillada	CATIA Product
		Correa Tipo de Cubierta Atornillada	CATIA Product
		Distribución de Correas de Semicubierta DERECHA	CATIA Part
		Distribución de Correas de Semicubierta DERECHA	CATIA Part
Arriostramientos de Fachada	-	Casquillo de Fachada	CATIA Part
		Redondo de Fachada	CATIA Part
		Arriostramientos Fachada	CATIA Product
Correas de Cubierta	-	Placa Inferior Atado en Alero	CATIA Part
		Placa Superior Atado en Alero	CATIA Part
		Tubo Atado en Alero	CATIA Part
		Atado en Alero	CATIA Product
Tornillos, Tuercas y Arandelas	TR, MR & AR	Arandela AR - Atado en Alero	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 1	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 1P	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 2	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 2P	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 3	CATIA Part
		Arandela AR - Union Tipo 3P	CATIA Part
		Tornillo TR - Atado en Alero	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 1	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 1P	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 2	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 2P	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 3	CATIA Part
		Tornillo TR - Union Tipo 3P	CATIA Part
		Tornillo MR - Atado en Alero	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 1	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 1P	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 2	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 2P	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 3	CATIA Part
		Tornillo MR - Union Tipo 3P	CATIA Part
	Tuercas & Arandelas	Arandela A - Arriostramientos de Cubierta	CATIA Part
		Arandela A - Arriostramientos de Fachada	CATIA Part
		Tuerca M - Anclaje del CF	CATIA Part
		Tuerca M - Anclaje del Portico	CATIA Part
		Tuerca M - Arriostramientos de Cubierta	CATIA Part
		Tuerca M - Arriostramientos de Fachada	CATIA Part

Tabla 5.3: Listado de partes y products de CATIA (Continuación)

A continuación, se muestran las 64 hojas de cálculo que se han confeccionado para el desarrollo de este trabajo. Estas hojas están divididas en dos libros de Excel, uno principal y otro secundario dedicado a la tornillería de la nave. En las tablas 5.4 y 5.5 se muestran las hojas de cada uno de estos libros.

Hojas de diseño			
Libro de Excel	Agrupación	Numeración	Nombre de la Hoja
Libro <i>Entrada Datos Nave.xls</i>	Hojas principales	Hoja 1	Datos_Geométricos
		Hoja 2	Tabla_Datos
		Hoja 3	Índice_Nave
		Hoja 4	Nave_con_Luz_menor_de_20m
		Hoja 5	Nave_con_Luz_mayor_de_20m
		Hoja 6	General
	Pórtico	Hoja 7	Soporte del pórtico
		Hoja 8	Dintel del pórtico
		Hoja 9	Cartela
		Hoja 10	Anclaje del pórtico
		Hoja 11	Unión Tipo 1
		Hoja 12	Unión Tipo 2
		Hoja 13	Unión Tipo 3
		Hoja 14	Unión cumbrera
		Hoja 15	Unión Alero-Tapas&Rigidizadores
	Cierre Frontal	Hoja 16	Soporte Exterior del CF
		Hoja 17	Soportes Interiores del CF
		Hoja 18	Dintel del CF
		Hoja 19	Anclaje del CF
		Hoja 20	Unión Tipo 1P
		Hoja 21	Unión Tipo 2P
		Hoja 22	Unión Tipo 3P
	Correas y Arriostramientos	Hoja 23	CC-Correa Tipo
		Hoja 24	CC-Correa de Refuerzo
		Hoja 25	CF-Correa Tipo Tubo
		Hoja 26	CF-Lateral Correa Tipo
		Hoja 27	CF-Correa de Refuerzo
		Hoja 28	CF-Frontal Correa Tipo (Hoja descartada)
		Hoja 29	Arriostramiento
	Distribuciones	Hoja 30	Distribución de Pórticos y CF
		Hoja 31	Distribución de Correas de Cubierta
		Hoja 32	Distribución de Correas Tubo
		Hoja 33	Distribución de CF Lateral
		Hoja 34	Distribución de Arriostr. Cubierta

Tabla 5.4: Listado de hojas de diseño

Hojas de diseño (Continuación)			
Libro de Excel	Agrupación	Numeración	Nombre de la Hoja
Libro <i>Tornillos & Tuercas.xls</i>	T R & M R	Hoja 1	Tornillos T R
		Hoja 2	Long de Apretadura
		Hoja 3	Tuercas MR
		Hoja 4	T R Unión Tipo 1
		Hoja 5	MR Unión Tipo 1
		Hoja 6	T R Unión Tipo 2
		Hoja 7	MR Unión Tipo 2
		Hoja 8	T R Unión Tipo 3
		Hoja 9	MR Unión Tipo 3
		Hoja 10	T R Unión Tipo 1P
		Hoja 11	MR Unión Tipo 1P
		Hoja 12	T R Unión Tipo 2P
		Hoja 13	MR Unión Tipo 2P
		Hoja 14	T R Unión Tipo 3P
		Hoja 15	MR Unión Tipo 3P
	AR, M & A	Hoja 16	Arandelas AR
		Hoja 17	Tuercas M
		Hoja 18	Arandelas A
		Hoja 19	M Arriostramientos de Cubierta
		Hoja 20	A Arriostramientos de Cubierta
		Hoja 21	M Arriostramientos de Fachada
		Hoja 22	A Arriostramientos de Fachada
		Hoja 23	M Anclaje Pórtico
		Hoja 24	M Anclaje CF
		Hoja 25	AR Unión Tipo 1
		Hoja 26	AR Unión Tipo 2
		Hoja 27	AR Unión Tipo 3
		Hoja 28	AR Unión Tipo 1P
		Hoja 29	AR Unión Tipo 2P
		Hoja 30	AR Unión Tipo 3P

Tabla 5.5: Listado de hojas de diseño

5.2. Conclusiones

A lo largo de este proyecto, se ha comprobado que efectivamente es posible generar una aplicación para la automatización 3D de naves industriales ligeras, en base a la guía DEANIL del instituto ITEA. Así mismo, se a confirmado que el programa de CAD Catia posee la versatilidad y funcionalidad requeridas para el desarrollo de esta aplicación. No obstante, se han encontrado ciertas limitaciones a lo largo del trabajo que hacen intuir que es posible que exista otro software más indicado el desarrollo para esta aplicación. Cabe destacar, que en ningún caso estas complicaciones han impedido que la aplicación se modele, pero sí han dificultado la labor del diseño.

Por otra parte, si se llevan a cabo desarrollos futuros de la aplicación con este sistema de CAD, se aconseja crear una macro de apertura de las partes que vaya abriendo los archivos de manera ordenada, sin necesidad de hacerlo manualmente. En esta ocasión no ha sido posible crearla, ya que se ha trabajado con la versión de estudiante que no permite generar macros.

Anexo A: Referencias del caso de pórtico simple Tipo B

En este anexo se muestran las referencias de todos los elementos de cada componente que conforman las naves de un único pórtico simple en configuración de carga tipo B. Cabe destacar que en este anexo se recoge, única y exclusivamente, la información del caso se considera en el Trabajo Fin de Grado que se est  realizando, aunque en la base de datos la información que se almacena es más amplia. Esto es así porque esta información se ha utilizado principalmente para fijar las diferencias en la geometría de las piezas de Catia, y no para determinar qué datos almacenar en Access. No obstante, esta información también nos permite comprobar que las tablas de la base de datos incluyen todos los valores que se van a necesitar a lo largo del proceso.

Empecemos pues a recorrer las tablas recogiendo las referencias de los elementos utilizados. Primero se recoge la información relativa a los componentes de la nave en la tabla Nl.2. La información obtenida se ha fraccionado en dos tablas.

Valores de las Naves Tipo B							
Referencia nave	P�rtico	Cierre frontal	Correa fachada	Correa cubierta	Arriostram. cubierta	Arriostram. fachada	Atado en alero
Nl-4 Nl-5 Nl-6	Pl-5A Pl-7A Pl-4A	CFl-2 CFl-5 CFl-11	cfl���a	cc120	arrcub16	arrfac16 arrfac20 arrfac25	atadolOO
Nl-34 Nl-35 Nl-36	Pl-10A Pl-8A Pl-9A	CFl-2 CFl-5 CFl-11	cfl���b	cc140b	arrcub16	arrfac16 arrfac20 arrfac25	atadolOO
Nl-64 Nl-65 Nl-66	Pl-10A Pl-12A Pl-13A	CFl-1 CFl-5 CFl-11	cfl���a	cc120	arrcub16	arrfac16 arrfac20 arrfac25	atadolOO
Nl-94 Nl-95 Nl-96	Pl-16A Pl-17A Pl-14A	CFl-3 CFl-9 CFl-12	cfl���b	cc140b	arrcub16	arrfac16 arrfac20 arrfac25	atadolOO
Nl-124 Nl-125 Nl-126	Pl-16A Pl-17A Pl-18A	CFl-2 CFl-5 CFl-11	cfl���a	cc120	arrcub16	arrfac16 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-154 Nl-155 Nl-156	Pl-20A Pl-21A Pl-22A	CFl-4 CFl-10 CFl-16	cfl���b	cc140b	arrcub16	arrfac16 arrfac20 arrfac25	atadolOO

Tabla 5.6: Listado de las referencias de los componentes principales de las naves

Valores de las Naves Tipo B (Continuación)							
Referencia nave	Pórtico	Cierre frontal	Correa fachada	Correa cubierta	Arriostram. cubierta	Arriostram. fachada	Atado en alero
Nl-184	Pl-20A	CFl-2	cfOOa	cc120	arrcubl6	arrfac20 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-185	Pl-22A	CFl-8					
Nl-186	Pl-23A	CFl-11					
Nl-214	Pl-25A	CFl-2	cfOOb	cc140b	arrcubl6	arrfac16 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-215	Pl-26A	CFl-8					
Nl-216	Pl-27A	CFl-11					
Nl-244	Pl-3B	CFl-2	cfOOa	cc120	arrcubl6	arrfac20 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-245	Pl-4B	CFl-5					
Nl-246	Pl-5B	CFl-11					
Nl-274	Pl-4B	CFl-6	cfOOb	cc140b	arrcubl6	arrfac20 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-275	Pl-7B	CFl-9					
Nl-276	Pl-7B	CFl-15					
Nl-304	Pl-6B	CFl-2	cfOOa	cc120	arrcubl6	arrfac20 arrfac30 arrfac36	atadolOO
Nl-305	Pl-7B	CFl-8					
Nl-306	Pl-9B	CFl-11					
Nl-334	Pl-7B	CFl-2	cfOOb	cc140b	arrcubl6	arrfac20 arrfac25 arrfac30	atadolOO
Nl-335	Pl-9B	CFl-8					
Nl-336	Pl-10B	CFl-11					
Nl-364	Pl-7B	CFl-2	cfOOa	cc120	arrcubl6	arrfac25 arrfac30 arrfac36	atadolOO
Nl-365	Pl-10B	CFl-8					
Nl-366	Pl-10B	CFl-11					
Nl-394	Pl-9B	CFl-3	cfOOb	cc140b	arrcubl6	arrfac20 arrfac25 arrfac36	atadolOO
Nl-395	Pl-10B	CFl-9					
Nl-396	Pl-12B	CFl-15					
Nl-424	Pl-9B	CFl-2	cfOOa	cc120	arrcubl6	arrfac25 arrfac30 arrfac36	atadolOO
Nl-425	Pl-10B	CFl-8					
Nl-426	Pl-11B	CFl-14					
Nl-454	Pl-12B	CFl-7	cfOOb	cc140b	arrcubl6	arrfac25 arrfac30 arrfac36	atadolOO
Nl-455	Pl-13B	CFl-13					
Nl-456	Pl-13B	CFl-16					

Tabla 5.7: Listado de las referencias de los componentes principales de las naves (continuación)

De tal manera que las referencias de cada componente, que nos interesan para desarrollar este trabajo fin de grado, son:

- Pórticos: Pl-4A, Pl-5A, Pl-7A, Pl-8A, Pl-9A, Pl-10A, Pl-12A, Pl-13A, Pl-14A, Pl-16A, Pl-17A, Pl-18A, Pl-20A, Pl-21A, Pl-22A, Pl-23A, Pl-3B, Pl-4B, Pl-5B, Pl-6B, Pl-7B, Pl-9B, Pl-10B, Pl-11B, Pl-12B y Pl-13B.

- Cierre frontal: CFl-1, CFl-2, CFl-3, CFl-4, CFl-5, CFl-6, CFl-7, CFl-8, CFl-9, CFl-10, CFl-11, CFl-12, CFl-13, CFl-14, CFl-15 y CFl-16.

- Correa fachada: cfOOa y cfOOb.

- Correa cubierta: cc120 y cc140b.

- Arriostramientos cubierta: arrcubl6.

- Arriostramientos fachada: arrfac16, arrfac20, arrfac25, arrfac30 y arrfac36.
- Atado alero: atadol00.

Así mismo, con estas referencias de entrada, se procede a recopilar la información correspondiente en las tablas de los pórticos, Tipo A y Tipo B, y del cierre frontal (tablas Pl.A, Pl.B y CFI).

Valores de los pórticos Tipo A						
Referencia pórtico	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte	Unión tipo 2	Unión cumbrera	Unión alero
Pl-4A	IPE-270	IPE-360	anci270	un2-360	uns-cum	uns-ale2
Pl-5A	IPE-300	IPE-240	anci300	un2-240	uns-cum	uns-ale1
Pl-7A	IPE-300	IPE-300	anci300	un2-300	uns-cum	uns-ale1
Pl-8A	IPE-300	IPE-330	anci300	un2-330	uns-cum	uns-ale2
Pl-9A	IPE-300	IPE-360	anci300	un2-360	uns-cum	uns-ale2
Pl-10A	IPE-330	IPE-270	anci330	un2-270	uns-cum	uns-ale1
Pl-12A	IPE-330	IPE-330	anci330	un2-330	uns-cum	uns-ale1
Pl-13A	IPE-330	IPE-360	anci330	un2-360	uns-cum	uns-ale2
Pl-14A	IPE-330	IPE-400	anci330	un2-400	uns-cum	uns-ale2
Pl-16A	IPE-360	IPE-300	anci360	un2-300	uns-cum	uns-ale1
Pl-17A	IPE-360	IPE-330	anci360	un2-330	uns-cum	uns-ale1
Pl-18A	IPE-360	IPE-360	anci360	un2-360	uns-cum	uns-ale1
Pl-20A	IPE-400	IPE-300	anci400	un2-300	uns-cum	uns-ale1
Pl-21A	IPE-400	IPE-330	anci400	un2-330	uns-cum	uns-ale1
Pl-22A	IPE-400	IPE-360	anci400	un2-360	uns-cum	uns-ale1
Pl-23A	IPE-400	IPE-400	anci400	un2-400	uns-cum	uns-ale1

Tabla 5.8: Listado de las referencias de los componentes de los pórticos tipo A

Valores de los pórticos Tipo B					
Referencia pórtico	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte	Unión tipo 1	Unión tipo 3
Pl-3B	IPE-450	IPE-330	anci450	unl-330b	un3-330
Pl-4B	IPE-450	IPE-360	anci450	unl-360b	un3-360
Pl-5B	IPE-450	IPE-400	anci450	unl-400a	un3-400
Pl-6B	IPE-500	IPE-360	anci500	unl-360b	un3-360
Pl-7B	IPE-500	IPE-400	anci500	unl-400b	un3-400
Pl-9B	IPE-550	IPE-400	anci550	unl-400b	un3-400
Pl-10B	IPE-550	IPE-450	anci550	unl-450	un3-450
Pl-11B	IPE-550	IPE-500	anci550	unl-500	un3-500
Pl-12B	IPE-600	IPE-450	anci600	unl-450	un3-450
Pl-13B	IPE-600	IPE-500	anci600	unl-500	un3-500

Tabla 5.9: Listado de las referencias de los componentes pórticos tipo B

Valores de los cierres frontales tipo CFI						
Referencia cierre	Soporte IPE	Dintel IPE	Anclaje soporte	Unión tipo 1P	Unión tipo 1P	Unión tipo 3P
CFI-1	IPE-120	IPE-120	anci120	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-2	IPE-140	IPE-120	anci140	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-3	IPE-140	IPE-140	anci140	un1P-140	un2P-140	un3P-140
CFI-4	IPE-140	IPE-160	anci140	un1P-160	un2P-160	un3P-160
CFI-5	IPE-160	IPE-120	anci160	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-6	IPE-160	IPE-140	anci160	un1P-140	un2P-140	un3P-140
CFI-7	IPE-160	IPE-160	anci160	un1P-160	un2P-160	un3P-160
CFI-8	IPE-180	IPE-120	anci180	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-9	IPE-180	IPE-140	anci180	un1P-140	un2P-140	un3P-140
CFI-10	IPE-180	IPE-160	anci180	un1P-160	un2P-160	un3P-160
CFI-11	IPE-200	IPE-120	anci200	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-12	IPE-200	IPE-140	anci200	un1P-140	un2P-140	un3P-140
CFI-13	IPE-200	IPE-160	anci200	un1P-160	un2P-160	un3P-160
CFI-14	IPE-220	IPE-120	anci220	un1P-120	un2P-120	un3P-120
CFI-15	IPE-220	IPE-140	anci220	un1P-140	un2P-140	un3P-140
CFI-16	IPE-220	IPE-160	anci220	un1P-160	un2P-160	un3P-160

Tabla 5.10: Listado de las referencias de los componentes de los cierres frontales CFI

Por tanto, agrupando todas las referencias obtenidas, se tiene:

- Perfil IPE: IPE-120, IPE-140, IPE-160, IPE-180, IPE-200, IPE-220, IPE-240, IPE-270, IPE-300, IPE-330, IPE-360, IPE-400, IPE-450, IPE-550 y IPE-600.

- Anclaje: anci120, anci140, anci160, anci180, anci200, anci220, anci270, anci300, anci330, anci260, anci400, anci450, anci500 y anci600.

- Unión tipo 1: un1-330b, un1-360b, un1-400a, un1-400b, un1-450 y un1-500.

- Unión tipo 2: un2-240, un2-270, un2-300, un2-330, un2-360 y un2-400.

- Unión tipo 3: un3-330, un3-360, un3-400, un3-450 y un3-500.

- Unión cumbrera: uns-cum.

- Unión alero: uns-alel y uns-ale2.

- Unión tipo 1P: un1P-120, un1P-140 y un1P-160.

- Unión tipo 2P: un2P-120, un2P-140 y un2P-160.

- Unión tipo 3P: un3P-120, un3P-140 y un3P-160.

De manera que ya se tienen recogidas todas las referencias de los componentes y los elementos que conforman la nave solución de este trabajo.

Anexo B: Códigos de Visual Basic (VBA)

1.1. Códigos de enlace de Excel con la base de datos.

Nave de tipo 1:

```
Sub DatosNaveA()  
'  
' DatosNave Macro  
' Macro grabada el 03/04/2007  
' Actualizada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido  
  
CodigoNave = Range("Índice_Nave!G17").Value  
  
Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A15:Nave_con_Luz_menor_20m!K16").Select  
Selection.ClearContents  
  
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _  
    "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa  
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS  
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _  
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A15"))  
    .CommandText = Array( _  
        "SELECT Naves.Nave, Naves.Pórtico, Naves.`Cierre frontal`,  
Naves.`Correa fachada`, Naves.`Correa cubierta`,  
Naves.`Arriostramiento cubierta`, Naves.`Arriostramiento fachada`,  
Naves.`Atado en alero`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FR" _  
        , "OM Naves Naves" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE  
(Naves.Nave='N1-" & CodigoNave & "')" _  
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_10"  
        .FieldNames = True  
        .RowNumbers = False  
        .FillAdjacentFormulas = False  
        .PreserveFormatting = True  
        .RefreshOnFileOpen = False  
        .BackgroundQuery = True  
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells  
        .SavePassword = False  
        .SaveData = True  
        .AdjustColumnWidth = False  
        .RefreshPeriod = 0  
        .PreserveColumnInfo = True  
        .Refresh BackgroundQuery:=False  
    End With
```

```

' End Sub

' Sub DatosPortico()

    CodigoPortico = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!B16").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A21:Nave_con_Luz_menor_20m!K22").Select
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A21"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Pórticos Tipo A`.REFERENCIA, `Pórticos Tipo
            A`.`SOPORTE IPE`, `Pórticos Tipo A`.`DINTEL IPE`, `Pórticos Tipo
            A`.`ANCLAJE SOPORTE IPE`, `Pórticos Tipo A`.`UNÓN TIPO 2`, `Pórticos
            Tipo A`.`UNIÓN" _
            ' _
            " `CUMBRERA`, `Pórticos Tipo A`.`UNIÓN ALERO`" & Chr(13) & "" &
            Chr(10) & "FROM `Pórticos Tipo A` `Pórticos Tipo A`" & Chr(13) & "" &
            Chr(10) & "WHERE (`Pórticos Tipo A`.REFERENCIA='" & CodigoPortico &
            "'" & " _
            )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_16"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
' End Sub

' Sub DatosSoporte()
    CodigoSoporte = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!B22").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A27:Nave_con_Luz_menor_20m!K28").Select
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _

```

```

)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A27"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
`Perfiles IPE`" _
'
".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
IPE`.Perfil='" & CodigoSoporte & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_79"
.FieldNameNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosPlacaAnclaje()

CodigoPlacaAnclaje = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!D22").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A33:Nave_con_Luz_menor_20m!K34").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A33"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Placas de anclaje`.REFERENCIA, `Placas de anclaje`.A,
`Placas de anclaje`.B, `Placas de anclaje`.C, `Placas de anclaje`.D,
`Placas de anclaje`.E, `Placas de anclaje`.F, `Placas de anclaje`.Tal" _
'
' _
"adros, `Placas de anclaje`.Arandelas, `Placas de
anclaje`.Pernos, `Placas de anclaje`.`Diametro Central`" & Chr(13) &
"" & Chr(10) & "FROM `Placas de anclaje` `Placas de anclaje`" &
Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Placas de anclaje`.REFERENCIA='" &
CodigoPlacaAnclaje & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_85"
.FieldNameNames = True

```

```

.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosDintel()

CodigoDintel = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!C22").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A39:Nave_con_Luz_menor_20m!K40").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A39"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
`Perfiles IPE`" _
'
".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
IPE`.Perfil='" & CodigoDintel & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_87"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosUN2()
```



```

CodigoUN2 = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!E22").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A45:Nave_con_Luz_menor_20m!K46").Select
Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A45"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Unión Tipo 2`.REFERENCIA, `Unión Tipo 2`.A, `Unión
            Tipo 2`.B, `Unión Tipo 2`.C, `Unión Tipo 2`.D, `Unión Tipo 2`.E,
            `Unión Tipo 2`.F, `Unión Tipo 2`.G, `Unión Tipo 2`.H, `Unión Tipo
            2`.J, `Unión Tipo 2`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM" _
            , " `Unión Tipo 2` `Unión Tipo 2`" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
            "WHERE (`Unión Tipo 2`.REFERENCIA='" & CodigoUN2 & "')"
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_92"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = True
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
' End Sub

' Sub DatosCorreasFachada()

    CodigoCorreaFachada = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!D16").Value

    Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A57:Nave_con_Luz_menor_20m!K58").Select
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A57"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Correas de Fachada`.REFERENCIA, `Correas de
            Fachada`.Canto, `Correas de Fachada`.Ala, `Correas de
            Fachada`.Espesor_Ala, `Correas de Fachada`.Espesor_Alma, `Correas de
            Fachada`.Radio, `Correas " _
            , _

```

```

        "de Fachada`.Peso" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Correas
de Fachada` `Correas de Fachada`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE
(`Correas de Fachada`.REFERENCIA='" & CodigoCorreaFachada & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_95"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = True
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = False
    .RefreshPeriod = 0
    .PreserveColumnInfo = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosCorreasCubierta()

    CodigoCorreaCubierta = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!E16").Value

    Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A67:Nave_con_Luz_menor_20m!K68").Select
    Selection.ClearContents

    '
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A67"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Correas de Cubierta`.REFERENCIA, `Correas de
Cubierta`.Canto, `Correas de Cubierta`.Ala, `Correas de
Cubierta`.Espesor_Ala, `Correas de Cubierta`.Espesor_Alma, `Correas de
Cubierta`.Radio, `Co" _
        , _
            "rreas de Cubierta`.Peso" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM
`Correas de Cubierta` `Correas de Cubierta`" & Chr(13) & "" & Chr(10)
& "WHERE (`Correas de Cubierta`.REFERENCIA='" & CodigoCorreaCubierta &
"')" _
        )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_97"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = True
    .SaveData = True

```

```

        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub DatosAtadoAlero()

    CodigoAtado = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!H16").Value

    Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A76:Nave_con_Luz_menor_20m!K77").Select
    Selection.ClearContents

    '
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("C76"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT Atado_Alero.REFERENCIA, Atado_Alero.Longitud" &
            Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM Atado_Alero Atado_Alero" & Chr(13) & ""
            & Chr(10) & "WHERE (Atado_Alero.REFERENCIA='" & CodigoAtado & "')" _
        )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_177"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub DatosCierreFrontal()

    CodigoCF = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!C16").Value

    Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A82:Nave_con_Luz_menor_20m!K83").Select
    Selection.ClearContents

    '
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _

```

```

"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("A82"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Cierres Frontales`.REFERENCIA, `Cierres
Frontales`.`SOPORTE IPE`, `Cierres Frontales`.`DINTEL IPE`, `Cierres
Frontales`.`ANCLAJE SOPORTE IPE`, `Cierres Frontales`.`UNIÓN TIPO 1P`,
`Cierres Fron" _
' _
"tales`.`UNIÓN TIPO 2P`, `Cierres Frontales`.`UNIÓN TIPO 3P`"
& Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Cierres Frontales` `Cierres
Frontales`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Cierres
Frontales`.REFERENCIA='" & CodigoCF & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_170"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

' Sub DatosSoporteCierreFrontal()

CodigoSoporteCF = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!B83").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A88:Nave_con_Luz_menor_20m!K89").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("A88"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
`Perfiles IPE`" _
' _
".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
IPE`.Perfil='" & CodigoSoporteCF & "')" _
)

```

```

        .Name = "Consulta desde MS Access Database_171"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

' Sub DatosAnclajeCierreFrontal()

    CodigoAnclajeCF = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!D83").Value

    Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A94:Nave_con_Luz_menor_20m!K95").Select
    Selection.ClearContents

    '
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("A94"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Placas de anclaje`.REFERENCIA, `Placas de anclaje`.A,
            `Placas de anclaje`.B, `Placas de anclaje`.C, `Placas de anclaje`.D,
            `Placas de anclaje`.E, `Placas de anclaje`.F, `Placas de anclaje`.Tal"
        )
    With
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_172"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
    End With

```

```

.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

' End Sub
' Sub DatosDintelCierreFrontal()

CodigoDintelCF = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!C83").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A100:Nave_con_Luz_menor_20m!K101").Select
t
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("A100"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
`Perfiles IPE`" _
' _
".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
IPE`.Perfil='" & CodigoDintelCF & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_173"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

' Sub UN1PCierreFrontal()

CodigoUN1P = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!E83").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A106:Nave_con_Luz_menor_20m!K107").Select
t
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _

```

```

"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("C106"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Unión Tipo 1P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 1P`.B, `Unión
Tipo 1P`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Unión Tipo 1P`
`Unión Tipo 1P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Unión Tipo
1P`.REFERENCIA="" & CodigoUN1P & ""')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_174"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

'Sub UN2PCierreFrontal()

CodigoUN2P = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!F83").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A112:Nave_con_Luz_menor_20m!K113").Selec
t
Selection.ClearContents

,

With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("C112"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Unión Tipo 2P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 2P`.B, `Unión
Tipo 2P`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Unión Tipo 2P`
`Unión Tipo 2P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Unión Tipo
2P`.REFERENCIA="" & CodigoUN2P & ""')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_175"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells

```

```

        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub UN3PCierreFrontal()

    CodigoUN3P = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!G83").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A118:Nave_con_Luz_menor_20m!J119").Select
t
    Selection.ClearContents

,
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("A118"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Unión Tipo 3P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 3P`.A, `Unión
            Tipo 3P`.B, `Unión Tipo 3P`.C, `Unión Tipo 3P`.D, `Unión Tipo 3P`.E,
            `Unión Tipo 3P`.F, `Unión Tipo 3P`.G, `Unión Tipo 3P`.TORNILLOS" &
            Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
        , _
            "`Unión Tipo 3P` `Unión Tipo 3P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
            "WHERE (`Unión Tipo 3P`.REFERENCIA='" & CodigoUN3P & "'" _
        )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub ArriostramientoCubierta()

    CodigoARRCUB = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!F16").Value

```



```

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A124:Nave_con_Luz_menor_20m!K125").Select
t
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!C124"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT Arriostramientos.REFERENCIA, Arriostramientos.REDONDO"
            & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
            ' _
            "Arriostramientos Arriostramientos" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
            "WHERE (Arriostramientos.REFERENCIA='" & CodigoARRCUB & "'" & _
            )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub ArriostramientoFachada()

    CodigoARRFAC = Range("Nave_con_Luz_menor_20m!G16").Value

Range("Nave_con_Luz_menor_20m!A130:Nave_con_Luz_menor_20m!K131").Select
t
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_menor_20m!C130"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT Arriostramientos.REFERENCIA, Arriostramientos.REDONDO"
            & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
            ' _
            "Arriostramientos Arriostramientos" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
            "WHERE (Arriostramientos.REFERENCIA='" & CodigoARRFAC & "'" & _

```

```

)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
Range("G3:K3").Select

End Sub

```

Nave de tipo 2:

```

Sub DatosNaveb()
'
' DatosNave Macro
' Macro grabada el 03/04/2007
' Actualizada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
'

CodigoNave = Range("Índice_Nave!G17").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A15:Nave_con_Luz_mayor_20m!K16").Select
Selection.ClearContents

With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A15"))
.CommandText = Array( _
"SELECT Naves.Nave, Naves.Pórtico, Naves.`Cierre frontal`,
Naves.`Correa fachada`, Naves.`Correa cubierta`,
Naves.`Arriostramiento cubierta`, Naves.`Arriostramiento fachada`,
Naves.`Atado en alero`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FR" _
, "OM Naves Naves" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE
(Naves.Nave='N1-" & CodigoNave & "')")
.Name = "Consulta desde MS Access Database_10"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False

```

```

        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
' End Sub

' Sub DatosPortico()

    CodigoPortico = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!B16").Value

    Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A21:Nave_con_Luz_mayor_20m!K22").Select
    Selection.ClearContents

    '
        With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
            "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
            Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
            Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
            )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A21"))
            .CommandText = Array( _
                "SELECT `Pórticos Tipo B`.REFERENCIA, `Pórticos Tipo
                B`.`SOPORTE IPE`, `Pórticos Tipo B`.`DINTEL IPE`, `Pórticos Tipo
                B`.`ANCLAJE SOPORTE IPE`, `Pórticos Tipo B`.`UNIÓN TIPO 1`, `Pórticos
                Tipo B`.`UNIÓN" _
                , _
                " Tipo 3`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Pórticos Tipo B`
                `Pórticos Tipo B`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Pórticos Tipo
                B`.REFERENCIA='" & CodigoPortico & "')" _
                )
            .Name = "Consulta desde MS Access Database_16"
            .FieldNames = True
            .RowNumbers = False
            .FillAdjacentFormulas = False
            .PreserveFormatting = True
            .RefreshOnFileOpen = False
            .BackgroundQuery = True
            .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
            .SavePassword = False
            .SaveData = True
            .AdjustColumnWidth = False
            .RefreshPeriod = 0
            .PreserveColumnInfo = True
            .Refresh BackgroundQuery:=False
        End With
    ' End Sub

    ' Sub DatosSoporte()

        CodigoSoporte = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!B22").Value

        Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A27:Nave_con_Luz_mayor_20m!K28").Select
        Selection.ClearContents

```

```

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A27"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
            `Perfiles IPE`" _
        , _
            ".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
            IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
            IPE`.Perfil='" & CodigoSoporte & "')" _
        )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_79"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = True
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
' End Sub

' Sub DatosPlacaAnclaje()

    CodigoPlacaAnclaje = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!D22").Value

    Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A33:Nave_con_Luz_mayor_20m!K34").Select
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A33"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Placas de anclaje`.REFERENCIA, `Placas de anclaje`.A,
            `Placas de anclaje`.B, `Placas de anclaje`.C, `Placas de anclaje`.D,
            `Placas de anclaje`.E, `Placas de anclaje`.F, `Placas de anclaje`.Tal" _
        , _
            ".`adros, `Placas de anclaje`.Arandelas, `Placas de
            anclaje`.Pernos, `Placas de anclaje`.`Diametro Central`" & Chr(13) &

```

```

"" & Chr(10) & "FROM `Placas de anclaje` `Placas de anclaje`" &
Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Placas de anclaje`.REFERENCIA='" &
CodigoPlacaAnclaje & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_85"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosDintel()

CodigoDintel = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C22").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A39:Nave_con_Luz_mayor_20m!K40").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A39"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
`Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
`Perfiles IPE`" _
,
".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
IPE`.Perfil='" & CodigoDintel & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_87"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False

```

```

.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosUN1()

CodigoUN1 = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!E22").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A45:Nave_con_Luz_mayor_20m!L46").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A45"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Unión Tipo 1`.REFERENCIA, `Unión Tipo 1`.A, `Unión
Tipo 1`.B, `Unión Tipo 1`.C, `Unión Tipo 1`.D, `Unión Tipo 1`.E,
`Unión Tipo 1`.F, `Unión Tipo 1`.G, `Unión Tipo 1`.H, `Unión Tipo
1`.J, `Unión Tipo 1`.K, `Unión Tipo 1`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" &
Chr(10) & "FROM" _
, " `Unión Tipo 1`. `Unión Tipo 1`" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
"WHERE (`Unión Tipo 1`.REFERENCIA='" & CodigoUN1 & "'"")
.Name = "Consulta desde MS Access Database_92"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosUN3()

CodigoUN3 = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!F22").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A51:Nave_con_Luz_mayor_20m!L52").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _

```

```

"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A51"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Unión Tipo 3`.REFERENCIA, `Unión Tipo 3`.A, `Unión
Tipo 3`.B, `Unión Tipo 3`.C, `Unión Tipo 3`.D, `Unión Tipo 3`.E,
`Unión Tipo 3`.F, `Unión Tipo 3`.G, `Unión Tipo 3`.H, `Unión Tipo
3`.J, `Unión Tipo 3`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM" _
, " `Unión Tipo 3` `Unión Tipo 3`" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
"WHERE (`Unión Tipo 3`.REFERENCIA='" & CodigoUN3 & "')"
.Name = "Consulta desde MS Access Database_92"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub
' Sub DatosCorreasFachada()

CodigoCorreaFachada = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!D16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A63:Nave_con_Luz_mayor_20m!K64").Select
Selection.ClearContents

,

With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A63"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Correas de Fachada`.REFERENCIA, `Correas de
Fachada`.Canto, `Correas de Fachada`.Ala, `Correas de
Fachada`.Espesor_Ala, `Correas de Fachada`.Espesor_Alma, `Correas de
Fachada`.Radio, `Correas " _
, _
"de Fachada`.Peso" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Correas
de Fachada` `Correas de Fachada`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE
(`Correas de Fachada`.REFERENCIA='" & CodigoCorreaFachada & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_95"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True

```

```

.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
' End Sub

' Sub DatosCorreasCubierta()

CodigoCorreaCubierta = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!E16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A73:Nave_con_Luz_mayor_20m!K74").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A73"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Correas de Cubierta`.REFERENCIA, `Correas de
Cubierta`.Canto, `Correas de Cubierta`.Ala, `Correas de
Cubierta`.Espesor_Ala, `Correas de Cubierta`.Espesor_Alma, `Correas de
Cubierta`.Radio, `Co" _
' _
"rreas de Cubierta`.Peso" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM
`Correas de Cubierta` `Correas de Cubierta`" & Chr(13) & "" & Chr(10)
& "WHERE (`Correas de Cubierta`.REFERENCIA='" & CodigoCorreaCubierta &
"' )" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_97"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = True
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

' Sub DatosAtadoAlero()

```



```

CodigoAtado = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!H16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A82:Nave_con_Luz_mayor_20m!K83").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
    "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
    Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
    Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C82"))
    .CommandText = Array( _
        "SELECT Atado_Alero.REFERENCIA, Atado_Alero.Longitud" &
        Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM Atado_Alero Atado_Alero" & Chr(13) & ""
        & Chr(10) & "WHERE (Atado_Alero.REFERENCIA='" & CodigoAtado & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_177"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = False
    .RefreshPeriod = 0
    .PreserveColumnInfo = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

'Sub DatosCierreFrontal()

CodigoCF = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A88:Nave_con_Luz_mayor_20m!K89").Select
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
    "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
    Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
    Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A88"))
    .CommandText = Array( _
        "SELECT `Cierres Frontales`.REFERENCIA, `Cierres
        Frontales`.`SOPORTE IPE`, `Cierres Frontales`.`DINTEL IPE`, `Cierres
        Frontales`.`ANCLAJE SOPORTE IPE`, `Cierres Frontales`.`UNIÓN TIPO 1P`,
        `Cierres Fron" _
    )
    ' _

```

```

        "tales`.`UNIÓN TIPO 2P`, `Cierres Frontales`.`UNIÓN TIPO 3P`"
& Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Cierres Frontales` `Cierres
Frontales`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Cierres
Frontales`.REFERENCIA='" & CodigoCF & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_170"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = False
    .RefreshPeriod = 0
    .PreserveColumnInfo = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

' Sub DatosSoporteCierreFrontal()

    CodigoSoporteCF = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!B89").Value

    Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A94:Nave_con_Luz_mayor_20m!K95").Select
    Selection.ClearContents

    '
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A94"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
            `Perfiles IPE`" _
        )
        ' _
        ".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
        IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
        IPE`.Perfil='" & CodigoSoporteCF & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_171"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True

```

```

        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

' Sub DatosAnclajeCierreFrontal()

    CodigoAnclajeCF = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!D89").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A100:Nave_con_Luz_mayor_20m!K101").Select
t
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A100"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Placas de anclaje`.REFERENCIA, `Placas de anclaje`.A,
            `Placas de anclaje`.B, `Placas de anclaje`.C, `Placas de anclaje`.D,
            `Placas de anclaje`.E, `Placas de anclaje`.F, `Placas de anclaje`.Tal" _
        )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_172"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

' End Sub

' Sub DatosDintelCierreFrontal()

    CodigoDintelCF = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C89").Value

```

```

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A106:Nave_con_Luz_mayor_20m!K107").Select
t
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A106"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Perfiles IPE`.Perfil, `Perfiles IPE`.`Canto (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Ala (mm)`, `Perfiles IPE`.`Espesor Ala (mm)`,
            `Perfiles IPE`.`Espesor Alma (mm)`, `Perfiles IPE`.`Radio (mm)`,
            `Perfiles IPE`" _
            '
            ".`Peso (kg/m)`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Perfiles
            IPE` `Perfiles IPE`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Perfiles
            IPE`.Perfil='" & CodigoDintelCF & "')" _
            )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_173"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

' Sub UN1PCierreFrontal()

    CodigoUN1P = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!E89").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A112:Nave_con_Luz_mayor_20m!K113").Select
t
    Selection.ClearContents

'
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C112"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Unión Tipo 1P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 1P`.B, `Unión
            Tipo 1P`.TORNILLOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Unión Tipo 1P`

```

```

`Unión Tipo 1P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Unión Tipo
1P`.REFERENCIA='" & CodigoUN1P & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_174"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub
'Sub UN2PCierreFrontal()

CodigoUN2P = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!F89").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A118:Nave_con_Luz_mayor_20m!K119").Select
t
Selection.ClearContents

'
With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
"ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
)), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C118"))
.CommandText = Array( _
"SELECT `Unión Tipo 2P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 2P`.B, `Unión
Tipo 2P`.TORNILOS" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM `Unión Tipo 2P`
`Unión Tipo 2P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) & "WHERE (`Unión Tipo
2P`.REFERENCIA='" & CodigoUN2P & "')" _
)
.Name = "Consulta desde MS Access Database_175"
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.BackgroundQuery = True
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.PreserveColumnInfo = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

```

```

'Sub UN3PCierreFrontal()

    CodigoUN3P = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!G89").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A124:Nave_con_Luz_mayor_20m!K125").Select
t
    Selection.ClearContents

,

    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
        )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A124"))
        .CommandText = Array( _
            "SELECT `Unión Tipo 3P`.REFERENCIA, `Unión Tipo 3P`.A, `Unión
            Tipo 3P`.B, `Unión Tipo 3P`.C, `Unión Tipo 3P`.D, `Unión Tipo 3P`.E,
            `Unión Tipo 3P`.F, `Unión Tipo 3P`.G, `Unión Tipo 3P`.TORNILLOS" &
            Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
            , _
            "`Unión Tipo 3P` `Unión Tipo 3P`" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
            "WHERE (`Unión Tipo 3P`.REFERENCIA='" & CodigoUN3P & "')" _
            )
        .Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
        .FieldNames = True
        .RowNumbers = False
        .FillAdjacentFormulas = False
        .PreserveFormatting = True
        .RefreshOnFileOpen = False
        .BackgroundQuery = True
        .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
        .SavePassword = False
        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With

'End Sub

'Sub ArriostramientoCubierta()

    CodigoARRCUB = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!F16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A130:Nave_con_Luz_mayor_20m!K131").Select
t
    Selection.ClearContents

,

    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
        Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
        Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _

```

```

   )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C130"))
    .CommandText = Array( _
        "SELECT Arriostramientos.REFERENCIA, Arriostramientos.REDONDO"
& Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
        , _
        "Arriostramientos Arriostramientos" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
"WHERE (Arriostramientos.REFERENCIA='" & CodigoARRCUB & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = False
    .RefreshPeriod = 0
    .PreserveColumnInfo = True
    .Refresh BackgroundQuery:=False
End With

'End Sub

'Sub ArriostramientoFachada()

    CodigoARRFAC = Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!G16").Value

Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!A136:Nave_con_Luz_mayor_20m!K137").Select
t
    Selection.ClearContents

,
    With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:=Array(Array( _
        "ODBC;DSN=MS Access Database;DBQ=D:\TFG - Paloma de la Rosa
Garrido\BASE DE DATOS PROYECTO.mdb;DefaultDir=D:\;DriverId=25;FIL=MS
Access;MaxBufferSize=2048;PageTimeout=5;" _
    )), Destination:=Range("Nave_con_Luz_mayor_20m!C136"))
    .CommandText = Array( _
        "SELECT Arriostramientos.REFERENCIA, Arriostramientos.REDONDO"
& Chr(13) & "" & Chr(10) & "FROM " _
        , _
        "Arriostramientos Arriostramientos" & Chr(13) & "" & Chr(10) &
"WHERE (Arriostramientos.REFERENCIA='" & CodigoARRFAC & "')" _
    )
    .Name = "Consulta desde MS Access Database_176"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .BackgroundQuery = True
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False

```

```

        .SaveData = True
        .AdjustColumnWidth = False
        .RefreshPeriod = 0
        .PreserveColumnInfo = True
        .Refresh BackgroundQuery:=False
    End With
    Range("G3:K3").Select

```

```
End Sub
```

1.2. Códigos para abrir y cerrar las hojas de diseño.

Hojas del pórtico:

```
Sub Ocultar_Portico()
```

```

' Ocultar_Portico Macro
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido

```

```

    Sheets("Soporte del pórtico").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Dintel del pórtico").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Cartela").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Anclaje del pórtico").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 1").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 2").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 3").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión cumbrera").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Alero-Tapas&Rigidizadores").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False

```

```
End Sub
```

```
Sub Mostrar_Portico()
```

```

'
' Mostrar_Portico Macro
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
'

```

```

    Sheets("General").Select
    Sheets("Soporte del pórtico").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Dintel del pórtico").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Cartela").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Anclaje del pórtico").Visible = True

```



```

    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 1").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 2").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 3").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión cumbrera").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Alero-Tapas&Rigidizadores").Visible = True
End Sub

```

Hojas del cierre frontal:

```

Sub Ocultar_CF()
'
' Ocultar_CF Macro
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido

```

```

    Sheets("Soporte exterior del CF").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Soportes interiores del CF").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Dintel del CF").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Anclaje del CF").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 1P ").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 2P").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
    Sheets("Unión Tipo 3P").Select
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
End Sub

```

```

Sub Mostrar_CF()
'
' Mostrar_CF Macro
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
'
    Sheets("General").Select
    Sheets("Soporte exterior del CF").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Soportes interiores del CF").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Dintel del CF").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Anclaje del CF").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 1P ").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 2P").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Unión Tipo 3P").Visible = True

```

End Sub

Hojas de las correas y los arriostramientos:

```
Sub Ocultar_Correas_y_Arriostramientos()  
'  
' Ocultar_Correas Macro  
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido  
'  
    Sheets("CC-Correa Tipo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
    Sheets("CC-Correa de Refuerzo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
    Sheets("CF-Correas Tipo Tubo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
    Sheets("CF-Lateral Correa Tipo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
    Sheets("CF-Correa de Refuerzo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
    Sheets("CF-Frontal Correa Tipo").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
  
    Sheets("Arriostramiento").Select  
    ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False  
End Sub
```

```
Sub Mostrar_Correas_y_Arriostramientos()  
  
' Mostrar_Correas Macro  
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido  
  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CC-Correa Tipo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CC-Correa de Refuerzo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CF-Correas Tipo Tubo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CF-Lateral Correa Tipo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CF-Correa de Refuerzo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("CF-Frontal Correa Tipo").Visible = True  
    Sheets("General").Select  
    Sheets("Arriostramiento").Visible = True  
End Sub
```

Hojas de las distribuciones:

```
Sub Ocultar_Distribuciones()  
' Ocultar_Distribuciones  
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
```

```
Sheets("Distribución de Pórticos y CF").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Distribución de CorreasCubierta").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Distribución Correas Tubo ").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Distribución de CF Lateral").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
Sheets("Distribución Arriostr. Cubierta").Select
ActiveWindow.SelectedSheets.Visible = False
End Sub

Sub Mostrar_Distribuciones()

' Mostrar_Distribuciones
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido

    Sheets("General").Select
    Sheets("Distribución de Pórticos y CF").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Distribución de CorreasCubierta").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Distribución Correas Tubo ").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Distribución de CF Lateral").Visible = True
    Sheets("General").Select
    Sheets("Distribución Arriostr. Cubierta").Visible = True
End Sub

Sub Resetear_Valores()
'
' Resetear_Valores Macro
' Macro grabada en Abril de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
'
    Sheets("Tabla_Datos").Select
    Range("E11").Select
    Selection.ClearContents
    Range("E13").Select
    Selection.ClearContents
    Range("E15").Select
    Selection.ClearContents
    Range("E16").Select
    Selection.ClearContents
End Sub

Sub GuardadoAutomatico()

' GuardadoAutomatico
' Macro grabada en Agosto de 2016 por Paloma de la Rosa Garrido
```

```
ActiveWorkbook.Save
Workbooks.Open Filename:= _
    "D:\TFG - Paloma de la Rosa Garrido\Excel\Tornillos &
Tuercas.xlsx"
ActiveWorkbook.Save
ActiveWindow.Close
MsgBox ("El Excel 'Tornillos & Tuercas' se ha actualizado
correctamente.")

End Sub
```


Bibliografía

- [1] DASEIN INGENIEROS, S.L.: *DEANIL Guía para el diseño estructural en acero de naves industriales ligeras*, publicado por el Instituto Técnico de la Estructura en Acero (ITEA) ISBN: 84-931322-1-7; primera edición, Guipúzcoa, Abril 2000.
- [2] A. MARTÍN NAVARRO: *Aplicación de las nuevas tecnologías al diseño y construcción de edificaciones industriales normalizadas*. Colaboración de AICIA en el proyecto de la empresa DETEA. Primer proyecto prototipo REF.: IPYC-0362-0150-0110-2007; Sevilla, Abril 2007.
- [3] J.D. BRAGADO MATAS y F. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ: *Proyecto Fin de Carrera: Utilidad del CAD 3D y del PLM en el sector de la construcción industrial*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería; Sevilla, 2009.
- [4] BILL JELEN y TRACY SYRSTAD: *Excel 2016 VEA and Macros*. Editorial Que Web ISBN-13: 978-0-13-438602-7; Noviembre 2015.
- [5] DEP. PLM DE ABGAM-SEGULA TECHNOLOGIES: *Manual Catia V5*. ABGAM Grupo Segula Technologies.
- [6] BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO: *Norma Básica de la Edificación NBE EA-95: Estructuras de Acero en Edificación*. España, 18 de Enero 1996.
- [7] F.J. PAYÁN SOMET y J.J. MURILLO FUENTES: *Proyecto Fin de Carrera: Formato de Publicación de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. Sevilla, 2013.
- [8] ORGANIZACIÓN EUROPEA PARA LA INVESTIGACIÓN NUCLEAR (CERN): *ReusePattern Guideline*. Lugar de publicación: Página oficial de la Organización Europea para la Investigación Nuclear CERN <https://espace.cern.ch/cad-service/faq/Assembly%20Design/Reuse%20Pattern%20Guideline.aspx>

